

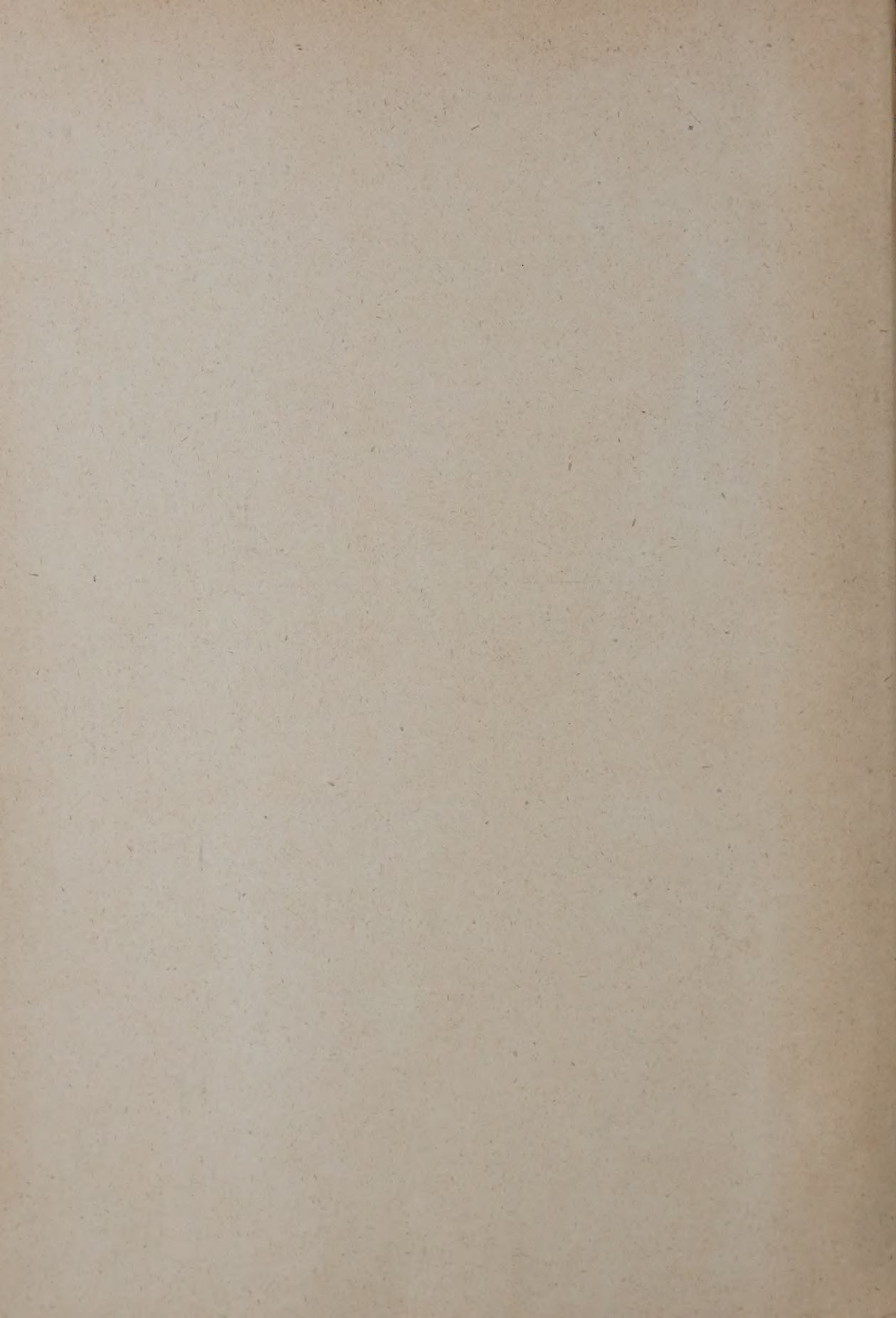
A. CHRISTOFLEAU

LES DERNIÈRES NOUVEAUTÉS DE LA SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE



LIBRAIRIE HACHETTE

DERNIÈRES NOUVEAUTÉS
DE LA
SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE



CHRISTOFLEAU

DERNIÈRES NOUVEAUTÉS

DE LA

SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE

*Ouvrage illustré de 191 dessins
et documents photographiques*



LIBRAIRIE HACHETTE

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

1925

DERNIÈRES NOUVEAUTÉS

DE LA

SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE

AVANT-PROPOS

SOUVENT, la préface, au seuil d'une œuvre nouvelle, est inutile; quelquefois, même, dit-on, elle est nuisible.

Pour nos Anciens, elle était surtout une occasion de faire étalage d'une humilité de convention, d'une fausse modestie traditionnelle; nous y voyons les plus grands esprits des derniers siècles s'humilier sans vergogne et réclamer l'indulgence du lecteur avec force flatteries; aujourd'hui, ce genre d'introduction est délaissé; le plus souvent, l'auteur charge le plus notoire, le plus connu de ses maîtres ou de ses amis de présenter le livre au public en quelques phrases laudatives.

Il est des cas, néanmoins, où l'ouvrage doit être présenté au lecteur, par l'auteur lui-même, avec quelques explications sous peine de voir celui-ci dérouté et quelquefois même rebuté par la nouveauté ou l'imprévu de ce qu'on lui offre.

Ce cas est le nôtre.

Tout d'abord, je dois dire un mot sur la façon dont ce livre a été écrit, puis composé : au fur et à mesure que se présentait à la lumière de l'actualité quotidienne, un fait marquant, symptomatique de l'état d'esprit moderne, caractéristique de notre civilisation scientifique projetée en avant d'un élan irrésistible, je notais sur le papier l'événement scientifique, ou industriel, ou la description de l'engin inventé, en y joignant quelques détails, quelques réflexions susceptibles de mettre en lumière les étapes de l'Humanité sur cette route vertigineuse du Progrès, en choisissant de préférence (sans exclusivité toutefois) les faits dont le retentissement sur la vie quotidienne était le plus évident, le plus frappant, le plus gros de conséquences immédiates ou futures.

Une fois tous ces éléments recueillis, quand il s'est agi de les réunir en livre pour les présenter au lecteur, une difficulté s'est révélée. Fallait-il soumettre ces matériaux à un classement, et dans ce cas quel ordre adopter?

Il nous est apparu que ces chapitres, absolument différents, sans aucun lien entre eux, ne sauraient être ordonnés que d'une manière arbitraire, tout à fait artificielle, et qu'il était par conséquent préférable de les présenter tels quels, sans autre arrangement successif que celui dans lequel ils s'étaient présentés à l'attention, à la faveur de l'actualité.

Cela avait à mes yeux l'avantage de donner à l'ensemble, faute d'une unité qui n'aurait pu être que laborieusement artificielle, une variété, un décousu apparent, un imprévu (en dépit d'une sorte de logique profonde et secrète) qui est à l'image même de notre vie moderne, trépidante et secouée, lancée vers l'avenir à une allure de bolide.

Je n'ai pas cru non plus devoir unir d'un lien rigoureux, par espèces, les chapitres traitant d'un même sujet général tel que : l'aviation, la médecine, la biologie, la construction, etc., et cela tant pour ne pas alourdir certaines parties du livre et lasser l'attention du lecteur, que pour la raison exprimée plus haut.

D'ailleurs le temps n'est plus, croyons-nous, à ces patientes constructions littéraires qui absorbaient jadis les années d'un homme et s'édifiaient, idée à idée, mot à mot, pierre à pierre, véritable monument d'une vie. Maintenant, l'Humanité est entraînée d'un mouvement trop rapide, la forme, de plus en plus, cède devant le fond qui doit être plein, lourd et dru ; peu de mots, beaucoup de substance ; des faits et des idées condensés, voilà la formule moderne, et plus que tout autre écrivain, le vulgarisateur doit s'y soumettre ; c'est sa discipline de tous les instants.

Sous peine d'être devancé par les événements, lancés à leur allure de vertige, il doit moissonner en hâte le froment à peine mûr, en séparer l'ivraie, et répandre aussitôt le bon grain.

Cette image est vraie dans son sens matériel ; autrefois les épis étaient recueillis presque un à un et patiemment séchés sur l'aire, à la merci des rayons de messidor, puis battus dans la grange, poignée par poignée, ou foulés aux pieds des chevaux, gerbe à gerbe, ensuite vannés au vent du ciel, et finalement engrangés quand on pouvait, proie offerte aux rats et aux charançons.

Maintenant, aussitôt mûrs, les épis, qui ont été semés à la machine, et « forcés » à l'aide d'engrais chimiques et de catalyseurs, sont recueillis par les moissonneuses automobiles, séchés si besoin est, artificiellement, battus, triés, épurés, pesés et ensachés dans le temps que nos pères employaient à rentrer les javelles.

Si on leur avait parlé d'aller chercher le blé qui leur manquait dans les Amériques ou les Russies, ils auraient ri, et rien n'aurait pu leur donner l'idée des transporteurs mécaniques, des chargeurs et déchargeurs pneumatiques, et des navires spéciaux employés à la manutention moderne des quantités colossales de grains transportés à d'énormes distances du lieu de leur production.

Et tout, dans notre vie moderne, est à l'image de cette activité forcenée qui ne tient compte ni de l'espace, ni du temps et qui s'affranchit même, si souvent, de la tyrannie des forces élémentaires.

Autrefois, une lente évolution conduisait, par des routes paisibles, vers un avenir prévisible, une lente Humanité ; les inventions gardaient longtemps leur nouveauté, et mettaient des siècles à sortir de l'enfance ; l'artillerie de Napoléon ne différait guère de celle de Marignan, qui était bien proche elle-même des bombardes d'Azincourt, tandis que, du commencement à la fin de la dernière guerre, certains canons étaient absolument démodés.

Et que dire de l'aviation ? A quels pas de géants, de quelle allure de rêve n'a-t-elle pas marché, des informes monoplans, des « cages-à-poule » de 1914 aux engins spécialisés actuels !

Est-ce à dire que la vie est devenue plus facile et meilleure au milieu de ce progrès matériel échevelé ? Les pessimistes répondent que non et il semble qu'un terrible

destin, écrasant l'Humanité, leur donne raison, qu'une inéluctable fatalité pèse sur l'homme et que, toujours, partout, sa vie soit un perpétuel combat.

S'il n'est plus obligé de disputer son antre à l'ours des cavernes, ni de défendre sa femme et ses enfants contre les attaques des grands fauves, si la maladie elle-même semble reculer devant sa science, d'autres fléaux sont nés du progrès; les forces que l'homme a domestiquées ou asservies se rebellent de temps à autres et font des victimes : explosions, courts-circuits, chutes d'avion, naufrages, déraillements, grands travaux qui s'écroulent, épidémies sournoises qui envahissent d'énormes territoires, etc.

Donc si la vie est plus facile, en dépit de tout, plus heureuse, moins exposée que naguère, et surtout plus large, elle n'en est pas moins en butte à des maux, à des attaques, qui, pour ne pas provenir des mêmes causes, n'en sont pas moins terribles, et nous devons toujours lutter.

La lutte, est semble-t-il, pour notre Espèce comme pour tous les êtres vivants la loi suprême. Conservons-nous donc une âme forte dans un corps robuste, mais surtout, ô Jeunes, qui demain fournirez les champions de notre race, apprenez, apprenez, apprenez!

ANDRÉ CHRISTOFLEAU.





Photo Marcel Chrétien.

VUE GÉNÉRALE DE L'AÉROPORT DU BOURGET.

Le mieux organisé et le plus fréquenté des ports aériens du monde.

L'AVIATION MODERNE

POUR faire saisir d'un seul regard la différence qui sépare les temps héroïques de l'aviation déjà si lointains et pourtant si récents, nous ne pouvons mieux faire que de mettre sous les yeux deux extraits d'ouvrages qui sont l'un et l'autre des notes de bord d'un aviateur, les unes écrites en 1914, les autres en 1923. Voici les premières :

« La journée de dur labeur s'est passée dans le hangar, sous les tôles surchauffées; nous avons fermé les portes à cause de l'intolérable rayonnement solaire, et nous travaillons autour de l'aéroplane, dans une chaleur d'étuve toute saturée de vapeur d'essence et de l'odeur obsédante de l'enduit dont nous vernissons nos surfaces.

« Les heures chaudes passent ainsi, péniblement. Une équipe de mécaniciens italiens, à demi nus et ruisselants de sueur, s'acharnent au montage de notre nouveau moteur en toute hâte, parce que le temps presse et que la besogne doit être terminée demain à l'aurore.....

... « Maintenant, le soleil baisse, je fais ouvrir largement les portes du hangar, et, tout d'un coup, la splendeur d'un soir d'été d'Italie nous apparaît, avec sa grâce et sa force, sur l'immensité de l'aérodrome vide; tout au tour sont des champs, des canaux rectilignes pleins d'eaux vives, avec les longues files de mûriers qui les bordent, jusqu'à l'horizon incertain où s'estompent des collines; puis c'est, au nord et à l'ouest, le cirque alpestre qui érige sa féerie en plein ciel.

« Peu à peu, sous la lumière mourante, dans une paix plus douce et plus

recueillie; le soir vient. Les oiseaux se taisent, et l'on n'entend plus que la rumeur intermittente d'un moteur d'aéroplane, là-bas, vers les hangars militaires, et des chansons de moissonneurs cheminant sur les routes.

« C'est un rude labeur que de changer notre moteur; bien que ce soit un rotatif analogue à celui qu'il vient remplacer, c'est une revision complète de l'avion qui s'impose.

« Sans parler des multiples tubes d'huile, d'essence, « durites, » des fils d'allumage, de compte-tours qu'il faut rajuster, c'est le centrage de l'avion lui-même qu'il faut soigneusement vérifier, c'est l'équilibrage des forces antagonistes et de leur point d'application (centre de gravité, centre de poussée) qu'il est nécessaire de réaliser par une soigneuse disposition des poids et des surfaces.

« Notre art est encore si jeune, il y a tant d'inconnu dans notre métier si nouveau, que nous ne possédons pas encore ces règles fixes, ces normes et ces canons indiscutables, ces disciplines précises qui nous permettraient de trouver à coup sûr les solutions de tous les problèmes qui se posent.

« Et c'est, empiriquement, à force d'expériences effectuées sous la perpétuelle menace des forces mauvaises que, peu à peu, nous perfectionnons notre métier encore dans l'enfance.

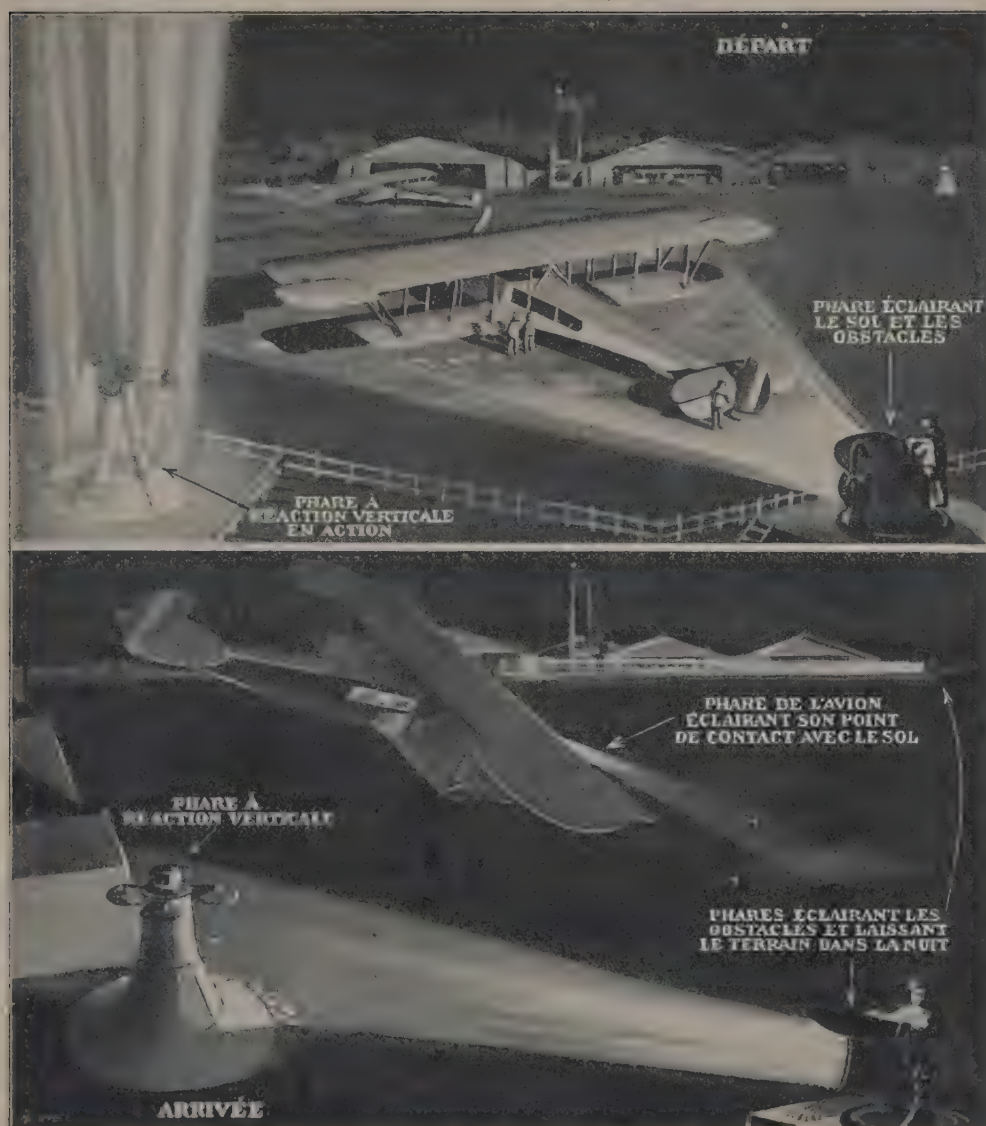
« Quand le spectateur admire l'aisance souple de l'envol, la rectitude d'un vol plané, un atterrissage impeccable, il ne se doute pas de combien de tâtonnements, de dangers courus, d'application de tous les instants est faite cette facilité apparente du vol.....

..... Maintenant, le crépuscule est venu; les montagnes s'effacent à l'extrême horizon et les premières étoiles s'allument; l'aérodrome est un grand désert où, à petit bruit, prélude le concert des nuits d'été; alors commence la féerie des lucioles : c'est, d'abord, au ras du sol, au niveau des hautes graminées, un petit éclair bleuâtre, si rapide, si fugace, si hésitant de faible luminosité, qu'on se prend à douter de la réalité de cette fantasmagorie subtile. Puis, de-ci de-là, d'autres lueurs naissent et s'affirment, plus éclatantes et plus nombreuses à mesure que l'ombre s'accroît. Et toujours ces grêles éclairs linéaires augmentent d'intensité et de fréquence, avec leur petit éclat d'étincelle instantanée. Bientôt, au-dessus des eaux noires, où les arbres des rives font l'ombre plus épaisse, les quadrilles lumineux s'organisent, et cette danse silencieuse d'étoiles, avec les éclats brusques de points lumineux soudain exacerbés, a quelque chose de féérique et de mystérieux!....

« Autour des aéroplanes, les hommes se sont remis à la tâche après un bref repas; ils ont allumé leurs flammes d'acétylène et le travail nocturne commence, plus pénible et plus fiévreux après cette journée d'exténuante chaleur.

« Tout entier à ma besogne, j'oublie presque les préoccupations tragiques de la soirée, et je m'efforce, dans l'application d'un effort constant, à parer de mon mieux aux défaillances possibles de mon aéroplane, à ces trahisons des choses, qui sont notre perpétuel souci.

« Et le labeur nocturne se prolonge ainsi; en dépit de toute notre habitude, il a quelque chose de nerveux et d'insolite; les moindres bruits prennent une résonance hostile; les phares d'acétylène sifflent et crachotent avec un petit bruit obsédant. Dehors, c'est la grande nuit et le grand silence; partout fulgure la fantasmagorie muette des lucioles qui brillent sans éclairer, sein-



ÉCLAIRAGE DES TERRAINS DE DÉPART ET D'ATERRISSAGE DES AVIONS, PHARES A RAYONS VERTICAUX.

tillent d'un feu pâle et mort, malgré tout ce mouvement frénétique, dans un silence impressionnant!

« Et le travail s'achève; les mécaniciens, harassés, se couchent au hasard et s'endorment, tandis que je fais apporter un lit de soldat et que je m'installe sous les ailes mêmes de mon aéroplane: je ne veux pas quitter le hangar pour être prêt, à la pointe de l'aube, à essayer en vol mon nouveau moteur.

« Dans le hangar endormi, on n'entend plus que le siffotement de l'acétylène, les tôles du toit qui craquent de retrait sous la rosée ou résonnent sous la griffe de quelque rapace nocturne! »

C. H. A. — Au-dessus des Batailles. Fayard édit. Paris.

Prenons maintenant au hasard le récit d'un voyage aérien de nos jours. Il a été publié par Mme L. Faure-Favier, dans *Je Sais Tout*, à l'occasion d'un des premiers trajets nocturnes sur la ligne Paris-Londres.

UN VOYAGE AÉRIEN NOCTURNE

« Le biplan qui effectua ce voyage portait le nom glorieux de *Verdun*. Car les avions de transport ont, aujourd'hui, des noms comme les bateaux.

« Avion pacifique et commercial, il emportait huit passagers et une passagère; et d'abord l'as pilote Labouchère assisté de Gastou, second pilote, et du mécanicien Tature; trois navigateurs; le lieutenant de vaisseau Duval, le capitaine de Volmerange et M. Hagueneau, du Service technique; M. Villers, l'administrateur délégué de la Compagnie des Grands Express Aériens, le pilote Pierre Lecerf et moi-même, tout heureuse et fière d'être de ce beau voyage.

« Car ce fut un merveilleux voyage. Effectué à ce moment de l'année où le printemps rejoint l'été, époque des longs jours et des nuits claires, il devait nous révéler des joies esthétiques insoupçonnées. C'est ainsi qu'à minuit il nous fut donné de contempler le crépuscule encore plein d'éclat sur la Manche, tandis que, deux heures après, sur cette même Manche, l'aube se levait radieuse sur l'horizon français. Leurs reflets éclairaient nos visages, mêlés à la lumière lunaire qui venait se mirer dans les longues ailes de l'avion. Il n'est pas exagéré de dire que c'était féérique. L'expression est même en dessous de la vérité, car les fées, dans leurs plus beaux contes, n'ont jamais imaginé qu'elles se promenaient dans le ciel irisé à la fois par le soleil et par la lune. Les fées n'ont jamais rêvé qu'elles survolaient la Manche à minuit par-dessus les ports de Boulogne et Folkestone semblables à des bijoux aux pierreries multicolores sur un écrin de velours noir. Tout au plus eussent-elles pu comparer la lumière rouge et fugace des bateaux-feux aux antiques feux follets.

« Mais la vision de Londres à minuit et demi, à cette heure de la sortie des théâtres, des soupers, à cette heure somptueuse où toutes les lumières brillent au dedans et au dehors, cette vision était faite pour exalter les fées elles-mêmes. Car aucun brouillard ne traînait sur la Tamise. La visibilité était parfaite sur toute l'Angleterre. L'air londonien colorait en jaune ces myriades d'ampoules électriques. Londres semblait saupoudré de paillettes d'or. Et cela s'étirait tout le long des rives de la Tamise, par-dessus Chatam, Rochester, Cantorbury, jusqu'à la mer. Ainsi, dans cette nuit de velours noir, les contours s'animaient grâce à l'industrie humaine. Les phares piquaient les ténèbres de leurs feux clignotants qui étaient comme un appel auquel notre biplan répondait en allant survoler le phare dont apparaissait alors nettement le balai lumineux. Les fours ouverts des locomotives éclairaient, de place en place, les lignes de chemin de fer qui, sur la terre noire, formaient des traits plus noirs encore.

« Nous voyez-vous dans l'intérieur de notre aérobus, moi à l'avant, dans ce coin en loggia suspendu dans l'espace, près des officiers de Volmerange, Duval et Hagueneau m'initiant à la navigation aérienne, m'appliquant à repérer les villes, à donner un nom aux phares, tandis que le second pilote Gastou va



LE BALISAGE LUMINEUX DE LA LIGNE AÉRIENNE PARIS-LONDRES.

et vient à travers la carlingue, communiquant à Labouchère les ordres des navigateurs. Derrière le siège aérien du pilote, le mécanicien est au poste de T. S. F. qui reçoit les prévisions météorologiques. C'est ainsi que, dans l'instant où je contemplais près de Douvres la haute falaise du Roi Lear toute blanche d'un clair de lune très shakespearien, le pilote Gastou put me dire ces paroles d'un modernisme aigu : « La Tour Eiffel nous embête; elle bavarde tout le temps!... »

« A chaque instant, pour ajouter au décor shakespearien, notre biplan brillait de tous ses feux. A notre aile droite pointait une lumière rouge, à gauche une lumière verte; au centre nos deux gros phares blancs. Nous avons conscience d'être très beau en l'air. Nous nous communiquons nos impressions. Car nous sommes là comme dans le salon dont le plafond s'orne d'ampoules électriques, nous permettant de lire nos cartes et de prendre des notes. Aucun remous. Nous fendons l'air dans une douce glissade, d'autant plus lisse que nous sommes à 2 500, à 3 000 mètres.... Il fait froid et le jeune pilote Pierre Lecerf, parti en veston, accepte une des couvertures électriques dans laquelle il s'enveloppe tant bien que mal. Son oreille exercée écoute les moteurs qui ronflent bien. Ces deux moteurs, ils n'ont cessé d'occuper notre pensée! Depuis le départ, où, crachant le feu, lançant des étincelles, ils semblaient deux démons de la mécanique moderne, nous les regardions, nous les écoutions. Une défaillance de l'un d'eux et c'était, au bout d'un vol plus ou moins prolongé, l'atterrissage sur la terre noire. Mais la panne avait été prévue dans ce voyage parfaitement organisé. Nous avions dans l'appareil, trois grosses bombes-torilles éclairantes. A 400 mètres d'altitude, au moment de l'atterrissage forcé en campagne, on eût projeté l'une d'elles qui eut éclairé le terrain pendant deux minutes. Mais nous n'eûmes pas à recourir à ce moyen. Nous volâmes, d'un vol sûr, du Bourget à Croydon, de Croydon au Bourget.

« L'aéroport de Croydon, pour nous recevoir, avait allumé tous ses phares. Les deux pylônes de T. S. F. s'auréolaient d'une multitude d'ampoules électriques et des brûlots supplémentaires y semblaient de géantes lanternes vénitiennes d'un rose de fête. Il y avait, en effet, de la fête foraine dans cet éclairage à giorno. Et l'accueil qu'on nous y fit en avait la joie truculente. On but du whisky en notre honneur et on nous épargna les discours. Et de vigoureux shake hands remplacèrent les compliments qui étaient dans tous les cœurs.

« Un seul fut émis et il fut pour moi. Le chef de l'aéroport de Croydon me dit : « Nous aussi, les Anglais, nous avons fait, la semaine dernière, ce voyage nocturne de Londres à Paris, mais c'était sur un avion militaire et nous n'avions pas emmené de femme. En France, on ne fait rien sans les femmes. Et c'est mieux ainsi! Vive la France, Madame! » Je répondis : « C'est, Monsieur, parce que notre voyage à nous est essentiellement pacifique et commercial: je ne suis qu'un passager de plus.... »

« Les Anglais n'avaient fait que l'aller. Nous fîmes, nous, l'aller et le retour.

« Le retour fut non moins féérique que l'aller. A peine nous étions-nous élevés de 1 000 mètres dans le ciel anglais, que, sur l'horizon français, se levait l'aube rose. Et derrière nous, à l'ouest, le crépuscule achevait à peine de mourir. La lune épanouie présidait à cet équilibre du jour et de la nuit. Pour réaliser ce spectacle sans pareil, il fallait tout un concours de circonstances.

Songez que nous étions aux jours les plus longs de l'année; cette nuit du 7 juin fut particulièrement claire et douce malgré les nuages du Comté de Kent et les orages de l'Île de France. A peine avions-nous retraversé la Manche que l'aurore s'épanouissait dans le ciel. « L'aurore aux doigts de rose » est une image faible quand on est à 3 000 mètres dans le ciel. L'aurore n'était pas rose, mais pourpre, et bientôt, elle déploya sa robe aux sept couleurs sur un tapis floconneux de nuages qui en devinrent tout roses. Nous passâmes au travers de ce sorbet suave pour le plus grand déplaisir de notre pilote. « Labou-chère n'aime pas les nuages! » me disait Gastou en riant.

« Et nous piquâmes vers la terre de France. Et de Beauvais à Paris, ce fut le vol bas sur les villes encore endormies. On voyait soudain un point lumineux irradier une fenêtre : c'était un dormeur éveillé par le ronflement de nos moteurs qui tournait le commutateur de sa lampe de chevet....

« A six heures, nous atterrîmes au Bourget. Déjà l'aéroport était en pleine activité. Des avions Bréguet et Spad s'envolaient pour porter à Londres les journaux français que les Anglais liraient en dégustant leur petit déjeuner. Et l'on signalait le départ de Croydon des avions anglais apportant aux Parisiens les journaux de Londres. » Un service remarquable de balisage lumineux jalonne la route aérienne.

De Paris à la côte, six phares aéronautiques d'une portée de 50 kilomètres balisent des aérodromes et terrains de secours : Le Bourget, Beauvais, Poix, Abbeville, Bercq-sur-Mer et Saint-Inglevert. En Angleterre, le balisage est constitué par quatre phares situés à Lynne, Cranbrook, Tatesfield et Croydon.

Les portées lumineuses de ces phares sont telles que par une nuit de transparence moyenne, les zones de visibilité de deux phares voisins se rejoignent.

Outre ce dispositif, le navigateur aérien peut utiliser les phares maritimes de la côte qui ont été démasqués du côté de la terre pour les besoins de l'aéronautique.

Grâce à ce balisage perfectionné, avec un bon avion bimoteur, un bon pilote, un bon navigateur, le voyage aérien nocturne cesse d'être un dangereux voyage pour devenir le plus beau des voyages.

SPÉCIALISATION DES AVIONS

En 1914 la qualité de l'avion était fonction de celui qui le menait. A tout instant, cette machine imparfaite devait être accommodée aux conditions du vol qui se faisait de plus en plus dures; puis vint la guerre qui donna un coup de fouet à l'art à peine éclos de l'essor humain et, en peu de temps, perfectionna les appareils et les pilotes sous la dure poussée de la nécessité.

Cependant, aucun principe vraiment nouveau n'a vu le jour pendant cette période. Les organes principaux des avions sont restés les mêmes, les moteurs ont simplement acquis de la puissance, et la construction devenue plus scientifique et plus soignée.

Comme aux premiers jours, un avion se compose d'une surface portante plane ou biplane, d'un fuselage et d'un empennage. L'hélice et le moteur

forment le groupe motopropulseur: seuls les avions à poutre, sans fuselage, ont disparu, nettement périmés¹.

On sait quels sont les principes sur lesquels repose l'aviation; lorsqu'une surface se déplace dans l'air avec une vitesse donnée et un angle ne dépassant pas 15 à 16°, elle reçoit une poussée de bas en haut qui est fonction de sa vitesse et de l'angle qu'elle forme avec l'horizontale. C'est ce que l'on appelle la poussée. Elle s'applique à une région située environ au 1/3 antérieur des surfaces et que l'on appelle le centre de poussée. La résistance que le plan éprouve à cheminer dans l'air s'appelle la traînée.

Pour comprendre facilement ce qui va suivre, expliquons quelques-uns

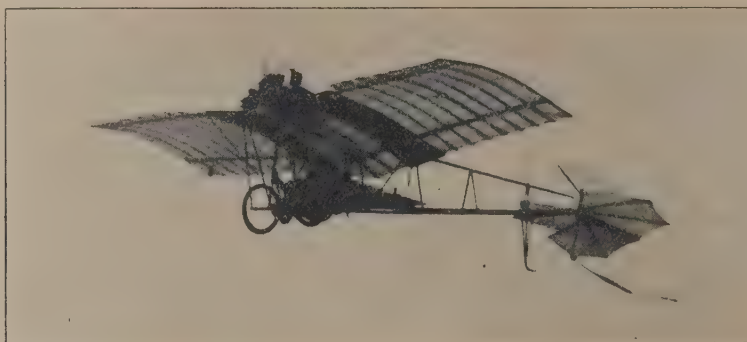


Photo Rol.

LA DEMOISELLE DE SANTOS-DUMONT.

des termes d'aviation les plus communément employés et décrivons dans l'ordre ses différentes pièces.

Tout d'abord, à l'avant, nous voyons l'hélice à deux ou quatre pales; c'est une sorte de vis qui, en tournant, progresse dans l'air en se vissant dans ce fluide; c'est un phénomène analogue à celui qui se produit avec les hélices tournant dans l'eau; mais comme l'air est un milieu bien moins dense et bien plus élastique que l'eau, les hélices aériennes doivent être animées d'une bien plus grande vitesse. Elle est actuellement de l'ordre de 1 000 à 1 200 tours et plus par minute.

Le moteur: c'est toujours un moteur à explosions; c'est le seul qui permette d'atteindre les poids très légers d'un kilog environ au cheval de puissance.

Au début de l'aviation on utilisait des moteurs rotatifs dont la manivelle était fixe et les cylindres tournants; cela présentait un certain avantage, surtout au point de vue du refroidissement; les moteurs Gnome et Rhône ont été les prototypes les plus parfaits de ces engins; mais bientôt ils ne suffirent plus à cause de leur faible puissance et furent remplacés par des moteurs à refroidissement à eau disposés en V comme les moteurs d'automobiles, ou encore en étoile autour d'un carter fixe.

Dans l'intervalle on avait essayé de refroidir des moteurs fixes par ventilateurs, mais cette solution dut être abandonnée.

Il est certain que le refroidissement par eau entraîne la complication d'une tuyauterie, d'une pompe et d'un radiateur, avec tous les aléas que comporte

1. Et encore les récents bi-fuselages se rapprochent de cette formule.



Photo Chrétien.

LE « GOLIATH » FARMAN.

Gros biplan commercial desservant un grand nombre de lignes aériennes.

le fonctionnement de ces organes délicats sur un appareil aérien continuellement soumis à des vibrations énergiques.

Le moteur et l'hélice qui forment le groupe motopropulseur sont, dans les avions modernes, généralement fixés à l'avant du fuselage; dans les avions multi-moteurs ils sont situés de part et d'autre de celui-ci dans des sortes de petites nacelles disposées entre les plans.

Dans des gros avions récents à ailes épaisses comme le Zeppelin Staaken, ils sont logés dans l'épaisseur du plan.

Vient ensuite le ou les plans suivant que la formule de l'avion est mono ou biplan. Les monoplans qui avaient presque complètement disparu ont refait leur apparition dans l'aviation pratique depuis l'avènement des ailes épaisses qui permettent de donner à ces engins, en même temps qu'une grande solidité, une minime résistance à l'avancement.

Cependant, les monoplans sont loin encore d'arriver à la légèreté de la cellule biplan par rapport au développement de la surface portante.

Lié au fuselage, à sa partie antérieure, sous les plans porteurs, se trouve le train d'atterrissage. De plus en plus on simplifie sa forme et il se compose, le plus souvent d'un simple V portant un essieu auquel sont liées les roues par l'intermédiaire des liens élastiques en caoutchouc appelés sandows.

A l'extrémité postérieure du fuselage se trouve les gouvernes, précédées chacune d'un petit plan fixe qu'on appelle plan de dérive. Le gouvernail horizontal ou profondeur sert à la montée et à la descente, le vertical sert à la direction dans le sens horizontal.

A l'extrême arrière se trouve une béquille qui porte sur le sol à l'envol et à l'atterrissage; elle est montée avec un support élastique de façon à absorber les chocs qui ne lui sont pas ménagés, surtout pendant l'atterrissage. Après cette description très sommaire des organes communs à tous les appareils disons un mot des avions spéciaux.

Au début des hostilités de la grande guerre, en 1914, on connaissait seulement deux sortes d'avions aussi peu militaires d'ailleurs, les uns que les autres : les monoplans et les biplans, ces derniers l'emportant de beaucoup en nombre et aussi, il faut le reconnaître, en qualité.

Toutes les missions indifféremment étaient confiées à ces appareils munis pour tout armement, d'abord d'un mousqueton de cavalerie puis, ensuite, d'une mitrailleuse légère; bientôt il fallut créer des types spéciaux d'appareils répondant chacun à un but déterminé et, depuis la guerre, cette spécialisation n'a fait que s'affirmer.

Actuellement, deux grandes classes d'avions sont à considérer : ceux à l'usage militaire et les avions commerciaux.

Parmi les avions militaires, plusieurs types sont très nettement différenciés : tout d'abord (à tout seigneur tout honneur) l'avion de chasse destiné à détruire les autres avions et d'une manière générale troubler tous les services aériens ennemis et dans certains cas même, attaquer l'infanterie en accompagnant les colonnes d'assaut.

Ces avions de chasse sont des appareils légers, rapides, faisant actuellement 200 kilomètres et plus à l'heure, très maniables, monoplaces, c'est-à-dire menés par un seul pilote. Leur armement comprend généralement deux

mitrailleuses tirant dans l'axe de l'appareil (le pilote agissant comme l'officier torpilleur qui tire sa torpille en visant avec l'axe de son navire). On a même réussi à monter un canon de 37 dans le moteur et qui tire à travers le moyeu de l'hélice (Spad).

Ces avions sont confiés à des pilotes très courageux et très entraînés, c'est eux que, depuis la guerre on appelle les « as » justement parce qu'ils sont seuls à bord d'un monoplan.

Les avions de corps d'armée peuvent servir indifféremment d'avions de reconnaissance à courte portée, de bombardement ou de photographie; ensuite viennent les gros avions photographiques proprement dits à grand rayon d'action, très fortement armés; le même modèle servant également à la reconnaissance à longue portée; viennent ensuite les avions de bombardement qui se divisent en deux : ceux de bombardement diurne et ceux de bombardement nocturne, les seconds étant généralement des avions de très grande puissance pouvant emporter des bombes pesant jusqu'à une tonne.

Il faut citer encore les appareils spéciaux comme ceux qui sont employés à certains réglages d'artillerie, à des missions spéciales ou encore les avions chirurgicaux, ou les avions ambulances, les avions pigeonniers, etc.

Un caractère commun à tous ces appareils est malheureusement la nécessité d'être conçus pour être fabriqués en grande série pour pouvoir être stockés et fournir à la demande subite qui peut être imposée à un moment imprévu; ceci est une condition très défavorable au perfectionnement des engins dans une matière aussi neuve que l'aviation et aussi sujette à de perpétuels perfectionnements; c'est une grande infériorité que d'être obligé d'accumuler des stocks auxquels un vieillissement prématuré peut enlever toute qualité.

« En résumé, l'aviation militaire qui, à un moment donné, peut absorber toutes les disponibilités en hommes, en argent, en intelligences d'un pays attaqué, qui peut décider du sort d'une guerre, n'est, en temps de paix, que le reste de l'aviation civile. »

Celle-ci, en effet, utilise tous les progrès, exécute toutes les expériences, construit toutes les nouveautés. Grâce à elle, un pays trouverait au moment de la mobilisation, non seulement des pilotes exercés, mais encore des ateliers, des usines, des hangars tout prêts à être utilisés dans un but essentiellement militaire.

Il est donc capital, pour un pays, de ne point négliger cette branche de son activité et, au contraire, d'y consacrer toutes les disponibilités possibles.

Dans la lutte pour la possession des airs, le pays qui aura fait le plus de sacrifices pour son aviation marchande ou civile, sera le maître.

Les avions civils comprennent trois sortes d'engins : les avions sportifs, les avions spéciaux et les avions de transport commercial qui, à leur tour, se subdivisent en avions moyens et gros porteurs.

Il est inutile d'insister sur les avions sportifs; le nombre de leurs modèles est assez varié, depuis l'avion sans moteur à l'avion à grande vitesse en passant par l'avionnette de cinq chevaux.

Cependant cette branche de l'aviation ne se développe pas beaucoup; il est très coûteux d'établir un modèle nouveau et les primes ou récompenses offertes aux compétiteurs ne viennent jamais compenser les frais considérables nécessités par la mise au point d'un modèle nouveau.



LES TEMPS HÉROÏQUES DE L'AVIATION. —

A titre documentaire, et pour mettre sous les yeux de nos lecteurs, d'une manière saisissante et de l'aviation, nous reproduisons ici une photogra

C'est avec un appareil analogue que Santos-Dumont gagna le 1^{er} record de France de la durée par 22 secondes et de distance par 230 mètres tandis que Drouhin et Landry portaient ce record en août 1925 à 45 heures 11^m 59^s et 4400 kilomètres. —

Ce modèle, du genre dit cellulaire, représente bien le type des avions de ce temps, les premiers engins ayant effectivement volé en France (si l'on en excepte le monoplane d'Azder) étaient ainsi construits, et cela était nécessaire, à cause de la faible vitesse des aéroplanes de l'époque, de leur poids relativement élevé et de la débilité de leur moteur. Ces plans, en effet, s'opposaient au glissement sur le côté des avions auxquels une vitesse insuffi-



Photo Rol.

LÉGERE EXPÉRIENCE DE SANTOS-DUMONT.

tendue des progrès visibles qui séparent l'aviation récente des premières réalisations, aux temps héroïques présentant l'avion 14 bis de Santos-Dumont.

soute ne donnait pas une force ascensionnelle assez grande. De plus, ils assuraient l'efficacité des gouvernails dans le sens horizontal. Cette disposition a complètement disparu dans les appareils modernes, sauf les plans de dérive qui présentent le gouvernail de direction. Cette gravure permet également de noter l'énorme développement des gouvernails — véritable cellule — disposée vers l'avant (le 14 bis Santos-Dumont était en effet un « Canard »). Elle nous démontre enfin, d'une manière très pittoresque, le peu de confiance que les pilotes avaient dans leurs engins, puisqu'ils prenaient la peine de se suspendre le long d'un câble pour essayer leurs gouvernails et leur moteur — procédé d'ailleurs fort discutable.

Nous croyons cependant fermement à l'avenir de l'aviation sportive à faible moteur car c'est une excellence école de courage, de sang-froid, d'endurance et qui, somme toute, n'est pas plus dangereuse que tel ou tel autre engin, même bien moins peut-être que la motocyclette ou l'automobile rapide.

ANATOMIE SOMMAIRE DE L'AVION

Puisque tout le monde est susceptible maintenant de voyager en avion commercial, disons quelques mots de son anatomie.

Nous avons vu tout à l'heure que l'avion se soutient en l'air grâce à la poussée qui est la résistance de l'air appliqué sous ses ailes. Cette poussée absorbe la plus grande partie de la force tractive de l'hélice, l'autre partie étant formée de la résistance à l'avancement de l'avion, du frottement de l'air contre toutes ses parties, des remous, etc. Le total constitue ce que l'on appelle la traînée.

Le centre auquel s'applique la poussée et qui se trouve, nous le répétons, environ au tiers antérieur des plans porteurs (pour une incidence normale, c'est-à-dire ne dépassant pas 15 à 20° sur l'horizontale) s'appelle centre de poussée et est équilibré par le poids total de l'avion et de sa charge appliquée à un point que l'on appelle centre de gravité.

Quand ces deux points se confondent dans la ligne de vol normal, on dit que l'appareil est à centres confondus et, dans ce cas, la queue ou empennage n'est pas porteuse. Quand le centre de gravité se trouve au-dessous du centre de poussée, l'appareil est dit à centre surbaissé. Quand il se trouve en arrière du centre de poussée, il est de toute évidence que la queue doit être portante puisque, sans cela, l'avion abandonné à lui-même aurait tendance à se cabrer, c'est-à-dire à dresser son avant vers le ciel. Il est bon de remarquer tout de suite que pour la sécurité de sa marche, un avion doit être réglé à piquer, c'est-à-dire à baisser sa pointe vers le sol sitôt que le moteur s'arrête ou que les commandes sont abandonnées à elles-mêmes. Dans ce cas, l'avion se met automatiquement en plané.

Nous verrons plus loin, avec quelques détails, comment l'on forme un élève pilote. Disons simplement maintenant quelles sont les manœuvres essentielles que doit effectuer un aviateur à bord de son avion :

Tout d'abord, sans parler de l'atterrissage et du décollage (c'est-à-dire de l'envol), quelles sont les manœuvres à effectuer à bord d'un appareil libre dans les airs ?

Supposons que le pilote ayant un moteur bien réglé et qui marche à vitesse constante, n'ait point à s'en occuper; il n'aura par conséquent qu'à maintenir son équilibre horizontal, à monter ou à descendre suivant le cas, à suivre sa direction et à parer au déséquilibre fortuit de l'appareil provenant d'un remous, de rafales ou autres perturbations.

Pour effectuer ces diverses opérations, le pilote a, à sa disposition des organes qui sont le plus ordinairement commandés par le manche à balai pour la montée,

la descente et l'équilibre latéral, le palonnier pour la direction et les diverses manettes pour le moteur.

Le manche à balai qui a été inventé tout au début de l'aviation est encore un moyen de commande généralement employé; il y en a d'autres, mais dont l'usage répond à des conditions spéciales.

Le dit manche à balai est un levier droit dont le mouvement d'avant en arrière se transmet, à l'aide de câbles souples, au gouvernail de profondeur. Latéralement, c'est-à-dire quand on le manœuvre de droite à gauche, et non plus d'avant en arrière, le levier actionne le gauchissement; on entend par ce terme le fait de rendre une aile plus portante que l'autre, soit en accentuant sa courbure (mode d'ailleurs aujourd'hui presque abandonné), soit en manœuvrant des ailerons, sortes de volets mobiles placés à la partie extrême et arrière des ailes et qui se meuvent en sens inverse l'un de l'autre sur chaque bord.

Ce gauchissement sert à rétablir l'équilibre horizontal. On comprend d'ailleurs très facilement comment, car lorsqu'un avion penche d'un côté, c'est que, pour une cause quelconque, l'aile de ce côté là est moins portante que l'autre.

Si l'on accentue sa courbure et que l'on efface celle de l'aile opposée, on comprend très bien que l'équilibre se rétablisse par cela même. Nous voyons donc que les manœuvres de montée, de descente et de rétablissement d'horizontalité latérale sont, grâce au manche à balai, absolument instinctives : on tire sur le manche à balai pour monter, on pousse pour descendre, on le tire à droite quand on penche à gauche et réciproquement.

Nous avons dit que le manche à balai actionnait aussi la profondeur, c'est-à-dire le volet mobile ou gouvernail horizontal qui se trouve à l'extrême arrière de l'avion. Il est facile de comprendre que lorsque, en tirant sur les gouvernes, le volet mobile accentue ou diminue son efficacité, l'avion se met en position de montée ou de descente, absolument comme si une force appliquée au bout de la queue l'inclinait sur l'horizontale vers le haut ou vers le bas.

La direction dans le sens horizontal — c'est-à-dire le choix de la route que doit suivre l'avion — s'effectue le plus souvent à l'aide du palonnier qui a, au moyen de deux câbles s'amarrant aux deux extrémités de ce levier oscillant en son milieu et manœuvré par les pieds du pilote et d'autre part s'attachant à deux « guignols » situés de part et d'autre d'un plan vertical mobile autour d'une charnière et qu'on appelle le gouvernail de direction, fait obliquer l'avion du côté vers lequel il est poussé : le pied droit pour aller à droite, le pied gauche pour aller à gauche.

Le plan de dérive dont nous avons parlé qui est situé en avant de la charnière du gouvernail de direction, que l'on appelle aussi empennage, empêche l'avion de tourner simplement autour de son centre de gravité et contribue à le maintenir en ligne de vol dans la direction donnée.

Faisons remarquer encore que lorsqu'un avion vire, l'aile qui se trouve à l'intérieur du cercle décrit est moins portante que celle qui se trouve à l'extérieur, parce qu'elle va moins vite. L'avion aurait par conséquent tendance à s'incliner; le gauchissement doit intervenir pour rétablir l'équilibre ou empêcher tout au moins que l'appareil ne prenne une inclinaison dangereuse.



INTÉRIEUR D'UN AVION AMBULANCE

AVEC UN LIT BRANCARD A COUVERTURE CHAUFFANTE DESTINÉ AU MALADE OU AU BLESSÉ.

Dans la campagne marocaine de 1925 contre Abd-el-Krim, ces avions ont rendu les plus grands services en transportant les blessés du front aux hôpitaux de Fez.

Donc la conduite d'un avion en l'air ne présente aucune difficulté spéciale; elle est moins délicate même que celle d'une automobile sur une route encombrée sitôt que la vitesse s'accroît, mais, ce qui reste un grand danger et une grande difficulté de l'aviation, c'est l'envol et le retour au sol.

Nous venons de voir en effet que l'avion, pour se maintenir dans les airs, a besoin d'une vitesse minima au-dessous de laquelle la résistance de l'air devenant trop faible, l'avion se met « en perte de vitesse » et tombe.

Il faut donc que, avant de prendre son départ, le pilote lance son appareil



CARTE DES PREMIÈRES LIGNES AÉRIENNES OUVERTES AU SERVICE INTERNATIONAL EN EUROPE.

à terre et, quand la vitesse est devenue suffisante pour se soulever, il tire brusquement sur son manche à balai et décolle.

Au retour, l'aviateur doit aborder le sol avec une obliquité aussi grande que possible et d'autant plus grande que la vitesse de l'avion est plus considérable, car c'est en roulant que l'avion arrivant au sol tangentiellement, détruit la force vive dont il est animé et qui occasionnerait sa destruction si elle était freinée trop brutalement.

Ces deux opérations nécessitent un terrain plat et d'une grande étendue; ce sont elles qui ont rendu si dangereux les débuts de l'aviation, alors que le peu de sûreté des moteurs obligeait à des atterrissages de fortune qui, bien souvent, se terminaient par la rupture de l'appareil et la mort du pilote.

Il ne faut pas croire en effet que l'arrêt d'un moteur dans les airs serait, sans cela, un danger. Le pilote ayant à sa disposition, grâce à la pesanteur, autant de force qu'il en a dépensé pour monter, peut toujours redescendre sans inconvénient en vol plané, la force motrice étant fournie par la gravité.

Le seul danger réside en effet dans les obstacles dont le sol est parsemé et qui font que, dans la distance de six ou sept fois et plus son altitude dans le rayon duquel un avion ordinaire peut choisir son atterrissage, il peut ne se trouver aucun terrain propice. Nous verrons plus loin, à propos de l'éducation des pilotes-aviateurs militaires, avec plus de détails, en quoi consistent ces opérations particulièrement délicates de l'art de voler, l'envol et l'atterrissage.

Dans le cas des hydravions, l'envol se fait à partir d'une surface liquide : lac, fleuve ou rivière, de même que le retour qui s'appelle amerrissage.

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, cette opération est extrêmement



JEU AÉRIEN.

Les avions réunis au Bourget à la suite d'un grand rallye, laissent tomber des balles lestées sur un terrain délimité au sol, essayant de se rapprocher le plus possible du but.

délicate; le contact de l'eau étant en effet plus brutal que celui du sol parce que l'eau est incompressible et, en dépit de la mobilité de ses molécules, elle n'amortit point le choc. Cela nous rappelle de douloureux souvenirs, en particulier quand Hanouille, un des premiers pilotes qui essayait le « looping » au-dessus du Golfe de Gascogne tomba à la mer en face de Saint-Sébastien et fut assommé du coup.

Au début, les hydravions étaient peu différenciés des avions ordinaires; les roues du train d'atterrissage étaient seulement remplacées par des flotteurs faits de bois léger recouvert de toile imperméable que l'on mettait à la place des roues sans modifier le centrage ni l'appareil. Un autre petit flotteur

se trouvait à l'arrière du fuselage muni d'un gouvernail aquatique et deux autres petits flotteurs au bout des ailes pour maintenir l'équilibre horizontal à la surface de l'eau. Cette formule est aujourd'hui presque complètement abandonnée, l'hydravion étant devenu un véritable canot volant, c'est-à-dire qu'il se compose d'une coque étanche de forme très marine en même temps qu'établie pour ne présenter à l'air qu'une faible résistance; au-dessus de cette coque se trouve la voilure proprement dite, généralement biplane mais qui comporte quelquefois trois ou quatre plans superposés.

À l'extrême arrière de la coque qui va en s'effilant, se trouve l'empennage aussi élevé que possible au-dessus de l'eau et qui ne diffère pas de celui d'un avion terrestre. Le groupe moteur-hélice a dû être remonté aussi haut que possible au-dessus de la coque pour éviter les embruns et les vagues; car, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, l'eau étant incompressible, le moindre contact de l'hélice en vitesse avec le liquide la fait voler en éclats. Ces dispositions particulières alourdissent l'hydravion et modifient son centrage, ce qui fait que ce sont des appareils moins maniables, plus difficiles à piloter, moins rapides que les avions terrestres et cependant c'est à eux très vraisemblablement (ou tout au moins aux avions amphibies) qu'on s'adressera dans un avenir prochain pour les grandes randonnées au-dessus des mers et des continents.

LE PILOTAGE ET LES APPAREILS DE BORD

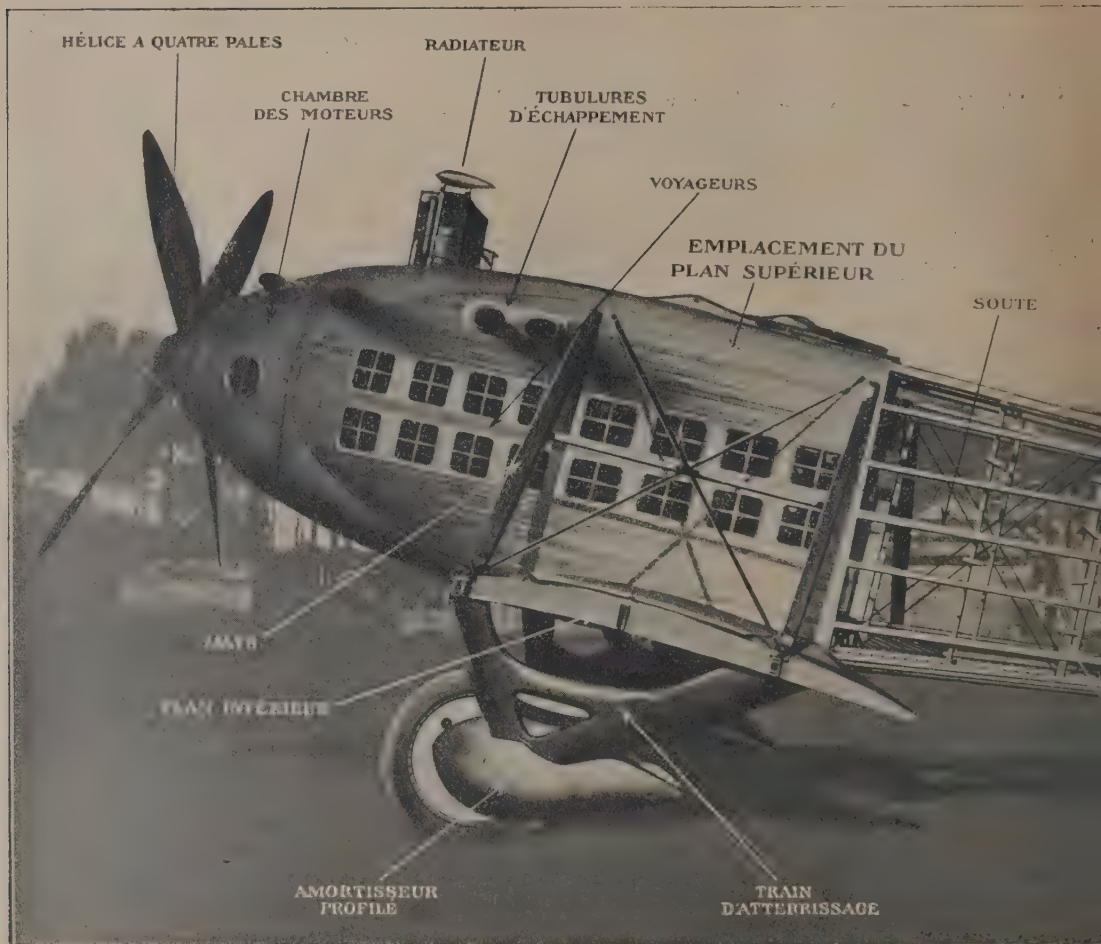
Maintenant que nous avons exposé succinctement l'anatomie d'un avion, disons un petit mot du pilotage.

Ce n'est pas un métier, c'est un art; il faut au pilote un sens aigu de l'équilibre, une rapidité des réflexes, un sang-froid, une adaptation du système nerveux qui ne sont pas donnés à tout le monde.

Nous verrons d'ailleurs plus loin comment on décèle ces qualités et comment on les développe ensuite chez les élèves pilotes-aviateurs. Pour l'instant, disons seulement à quoi se borne le rôle de celui qui mène un avion :

Il doit, avant toutes choses, veiller à la bonne tenue de son avion dans l'air et, pour cela, rétablir constamment l'équilibre latéral à l'aide de la manœuvre de son gauchissement ou de ses ailerons, sitôt que cet équilibre est troublé, car il est évident que si l'appareil prenait une inclinaison dangereuse, ses surfaces portantes étant en partie effacées, il aurait tendance à venir en grand sur un côté et à « amorcer une vrille : » c'est ce que l'on appelle s'engager sur l'aile.

Pour la direction dans le sens vertical, le pilote doit veiller très attentivement à ne point braquer son appareil plus que ne le comporte la force de son moteur; il ne doit pas, comme l'on dit, monter en chandelle, car l'hélice subitement freinée par l'effort exagéré qu'on lui demanderait, freinerait à son tour, le moteur, qui n'exercerait plus une traction suffisante et l'avion se mettrait en « perte de vitesse ». De même, pour le vol piqué, le pilote doit veiller à ne pas donner une pente de descente trop accentuée, surtout sur un avion lourdement chargé, car, à la fin de cette descente, en tirant sur le « manche à



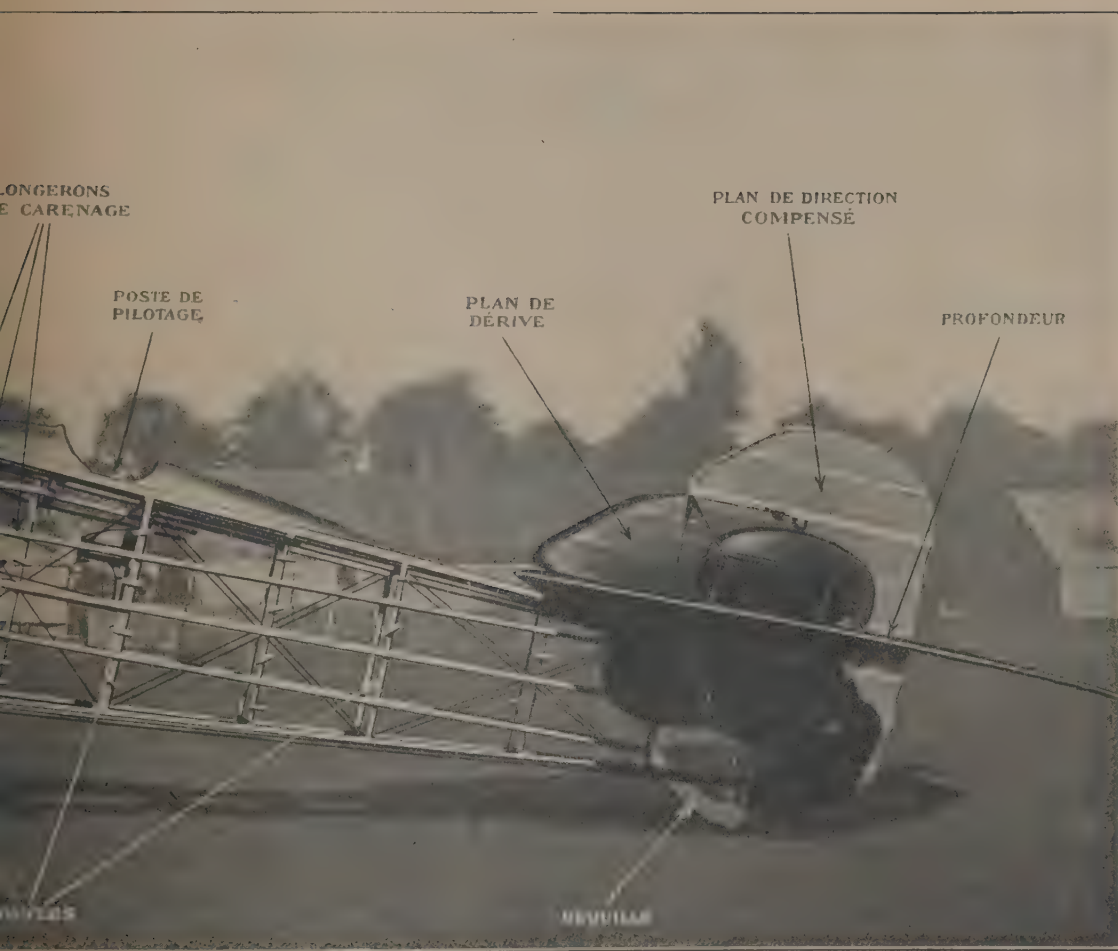
PARTIE CENTRALE

destiné aux grandes lignes de navigation aérienne comprenant les moteurs, la carlingue avec l'habitacle, le train d'atterrissage, etc.
A la partie centrale est marquée la

balai » pour rétablir le vol horizontal, un tel effort serait demandé à la résistance de l'avion par suite du freinage subit, qu'il pourrait en résulter la rupture de l'appareil. C'est un accident de cette nature qui coûta la vie à maints pilotes des temps héroïques, entre autres Chavez qui passa au travers de son Blériot comme une boule de plomb traversant un sac en papier!

Quant à la direction dans le sens horizontal, elle s'effectue le plus souvent comme nous l'avons dit à l'aide du palonnier de direction, mû par les pieds. Pour se diriger, le pilote suit son itinéraire sur la carte à l'aide d'une boussole et en prenant des points de repère sur le sol.

Tout cela est très absorbant, très fatigant, car certains avions obligent celui qui les mène à intervenir constamment pour les remettre en ligne de vol; cela constitue une dépense énorme d'énergie, surtout si l'on considère que le pilote est exposé au vent terrible de la course, dans le bruit déchainé du moteur



« LEVIATHAN » BRÉGUET,

ts des passagers, le fuselage avec ses soutes à marchandises, les postes de pilotage et enfin l'empennage
s plans et une partie du plan inférieur.

et en butte au froid et à la pluie, au soleil, en un mot à toutes les intempéries.

On ne saurait s'imaginer en effet la sensation pénible que donne le vent froid des régions même moyennes de l'atmosphère, en dépit des pare-brises, aussitôt que l'on a dépassé le matelas d'air chaud qui est au voisinage immédiat du sol.

Il en résulte que les meilleurs pilotes sur les avions d'aujourd'hui ont de la peine à effectuer des étapes de trois ou quatre heures. Sur les avions de demain qui voleront sans ravitaillement et sans escale un temps beaucoup plus long, double ou même peut-être triple, il est indispensable de prévoir le remplacement du pilote, sans préjudice du soin de le décharger d'une partie de ses devoirs en le doublant d'un navigateur dont le rôle se bornera à donner la route et à faire les observations, comme le fait l'officier de quart à bord d'un navire.

Tout en nous excusant de la sèche énumération à laquelle nous oblige l'amplitude de ce sujet et son intérêt qui nécessiterait de bien plus grands développements, il nous faut encore cependant dire un mot des appareils de bord.

Aux temps héroïques de l'aviation ils n'étaient point nombreux; un compte-tours pour le moteur, une cloche à bulle d'air pour l'huile, quelquefois une boussole et c'était tout.

Nous entendons encore le célèbre Legagneux disant avec son bon rire, tout en montrant une méchante boussole attachée à son genou par une ficelle : « Tu vois cet appareil épatant, eh bien, il te marque toujours le nord; tu n'as qu'à suivre son aiguille et, comme le vent vient de travers, tu vas atterrir droit dans l'est. » Et sa boutade amusait tout le monde.

Maintenant, nous sommes loin de cette simplicité des premiers temps! Les appareils sont nombreux, même sur un monomoteur et, bien entendu, leur nombre se multiplie avec celui des propulseurs. Énumérons-en quelques-uns :

Pour les moteurs, nous avons le tachymètre ou compte-tours, l'indicateur d'huile, l'indicateur de niveau d'essence, le thermostat indiquant la température de l'eau de refroidissement, celle de l'huile, etc., etc. Le nom de ces appareils indique bien leur fonction sans qu'il soit nécessaire d'insister.

Pour l'avion proprement dit, en dehors des appareils électriques dont nous parlerons plus loin, il faut compter l'inclinomètre qui donne l'inclinaison de l'appareil sur l'horizontale, dans les deux sens, l'anémomètre qui indique la vitesse de l'appareil ou plutôt celle du vent relatif que produit sa course, le dérivomètre qui note l'angle que fait l'avion avec sa route théorique par suite du vent latéral et les divers instruments de route, tels que les appareils Prieur.

Puisque nous parlons de la route, notons encore les boussoles, soit magnétiques, absolument analogues à celles qui servent à bord des navires, soit gyroscopiques et dont le rôle est tout à fait semblable à celui du compas marin.

Disons encore un mot des appareils, d'éclairage généralement alimentés par une génératrice mue par une petite hélice que fait tourner le vent de la course et qui sert en même temps qu'à l'éclairage des appareils, à celui des locaux, des feux de position — c'est-à-dire des projecteurs et des petites lampes qui se trouvent placées au bout des ailes — aux appareils de télégraphie ou de téléphonie sans fil et au chauffage.

A l'aide de ces différents instruments, le maître du bord est renseigné sur sa route, son état de vol même sur les circonstances extérieures, et son altitude lui est donnée à tout instant par l'altimètre, généralement construit, soit comme un baromètre anéroïde ou encore comme un barographe enregistreur.

Pour s'y reconnaître parmi tout cet appareillage, pour s'habituer promptement à la manœuvre d'un avion, il faut faire un véritable apprentissage.

Les appareils de bord avons-nous dit sont de plus en plus complexes et variés.



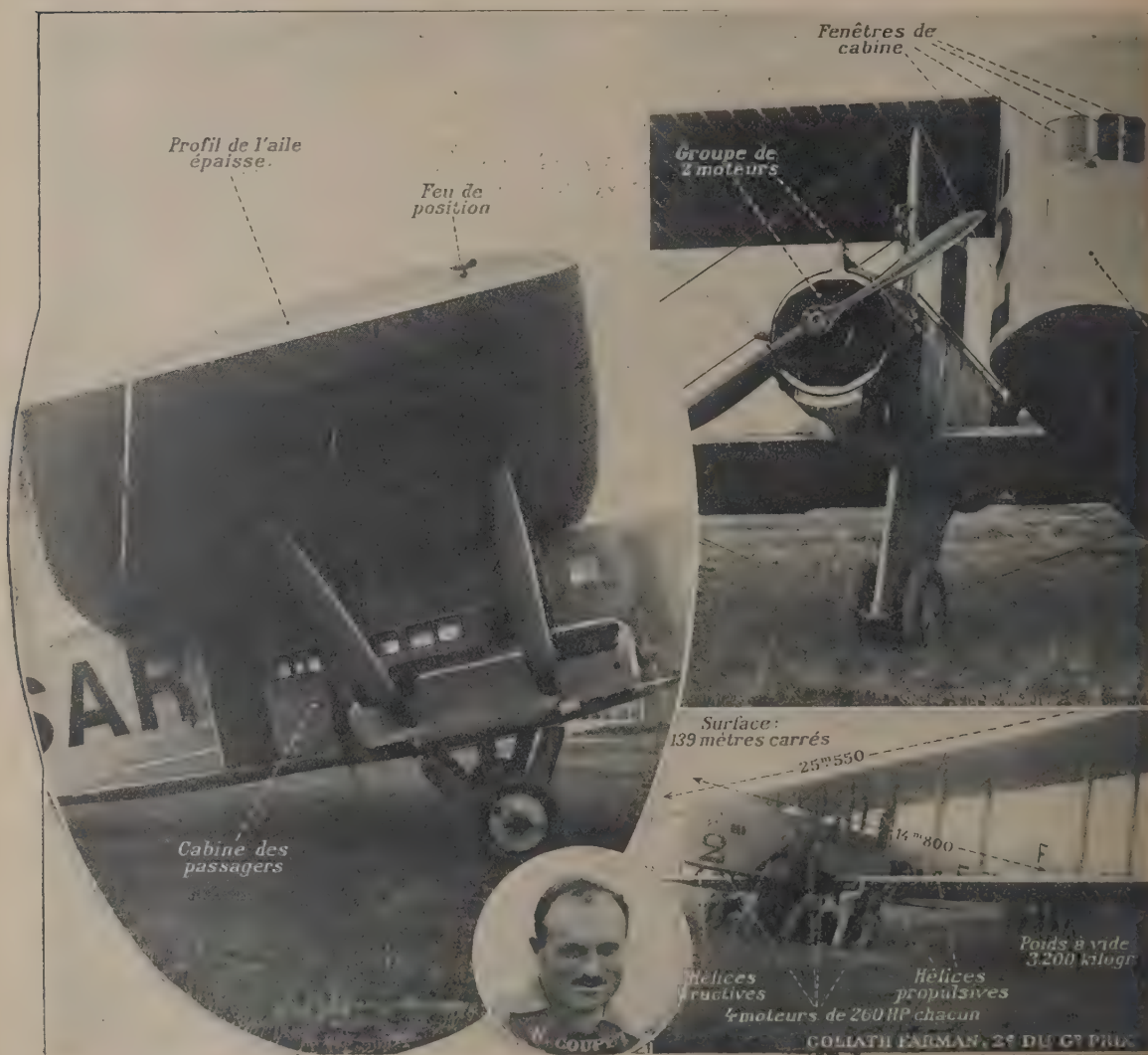
L'AVION PIGEONNIER.

Il peut paraître bizarre de prendre la peine de transporter dans les airs, à l'aide d'un avion, des animaux aussi bons voiliers que les pigeons, et qui, bien des millénaires avant nous savaient voler, de même que lorsqu'on voit une superbe automobile de sport se prélasser sur un camion que traîne péniblement, à 5 kilomètres à l'heure, un pauvre cheval.

Mais cela est parfaitement rationnel; on sait que l'on entraîne

progressivement les pigeons voyageurs aux grands voyages, en les lâchant à des distances de plus en plus grandes de leur pigeonnière natal, grâce le plus souvent au chemin de fer. Or l'avion, bien plus rapide et confortable permet d'effectuer ces transports au loin, dans de bien meilleures conditions que celles qui sont imposées par l'usage de la voie ferrée.

Nous ne décrivons que les plus récents parmi ceux qui sont vraiment spéciaux à l'aviation, c'est-à-dire, sans nous attarder aux thermostats qui renseignent le pilote sur la température des différents fluides du bord (eau des radiateurs, huile des carters, huile des radiateurs, et même des réservoirs, etc., et qui sont

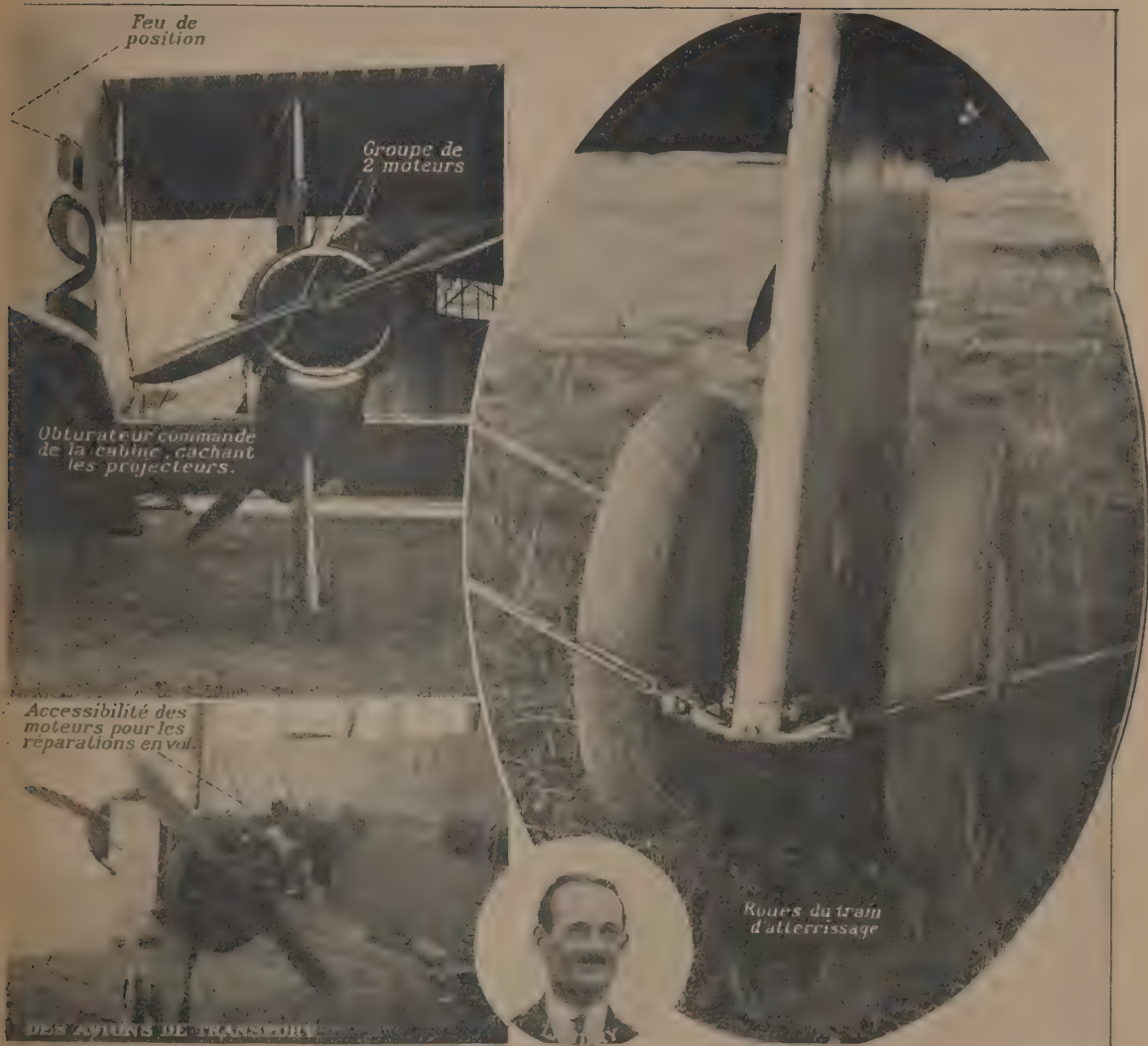


AUTRES VUES DU JABIRU-FARMAN DE TRANSPORT COMMERCIAL AVEC LES DÉTAILS DES DIFFÉRENTS

Ce monoplane a notamment gagné le dernier grand Prix des Avions de commerce, sous la conduite des deux célèbres pilotes Coupet et Bossoutrot, en 1924.

Le concours comportait 3 voyages sur le circuit le Bourget, Bordeaux, avec un parcours total de 3 090 kilomètres, sans autres atterrissages que ceux prévus, à des endroits déterminés, pour le ravitaillement; le temps employé d'ailleurs à ces escales réglementaires entrait en ligne de compte pour l'établissement de la moyenne commerciale de vitesse.

Le meilleur temps fut, sur Paris-Bordeaux, 3 h. 19 pour couvrir les 515 kilomètres de l'étape, alors que les trains rapides mettent plus de 8 heures pour franchir cette distance.



ORGANES. DANS LES MÉDAILLONS, LES PILOTES QUI L'ONT CONDUIT A LA VICTOIRE.

La moyenne horaire du dernier trajet (à charge commerciale complète) fut de 177 km. 700 et le temps total employé à parcourir les 3 090 kilomètres du parcours de 17 h. 17 ce qui donne une moyenne générale de 178 km. 768 à l'heure.

C'est là un résultat très brillant si l'on songe au poids considérable de l'appareil, qui transportait une cargaison de sacs de sable représentant sa charge complète, le tout, contenant et contenu, faisant un total de plus de 5 tonnes métriques. On comprend qu'un tel poids lancé à une telle vitesse exige des appareils très solides dont tous les éléments ont une résistance calculée considérable, vérifiée ensuite au cours de la construction, avec une marge suffisante, que l'on appelle « coefficient de sécurité ».



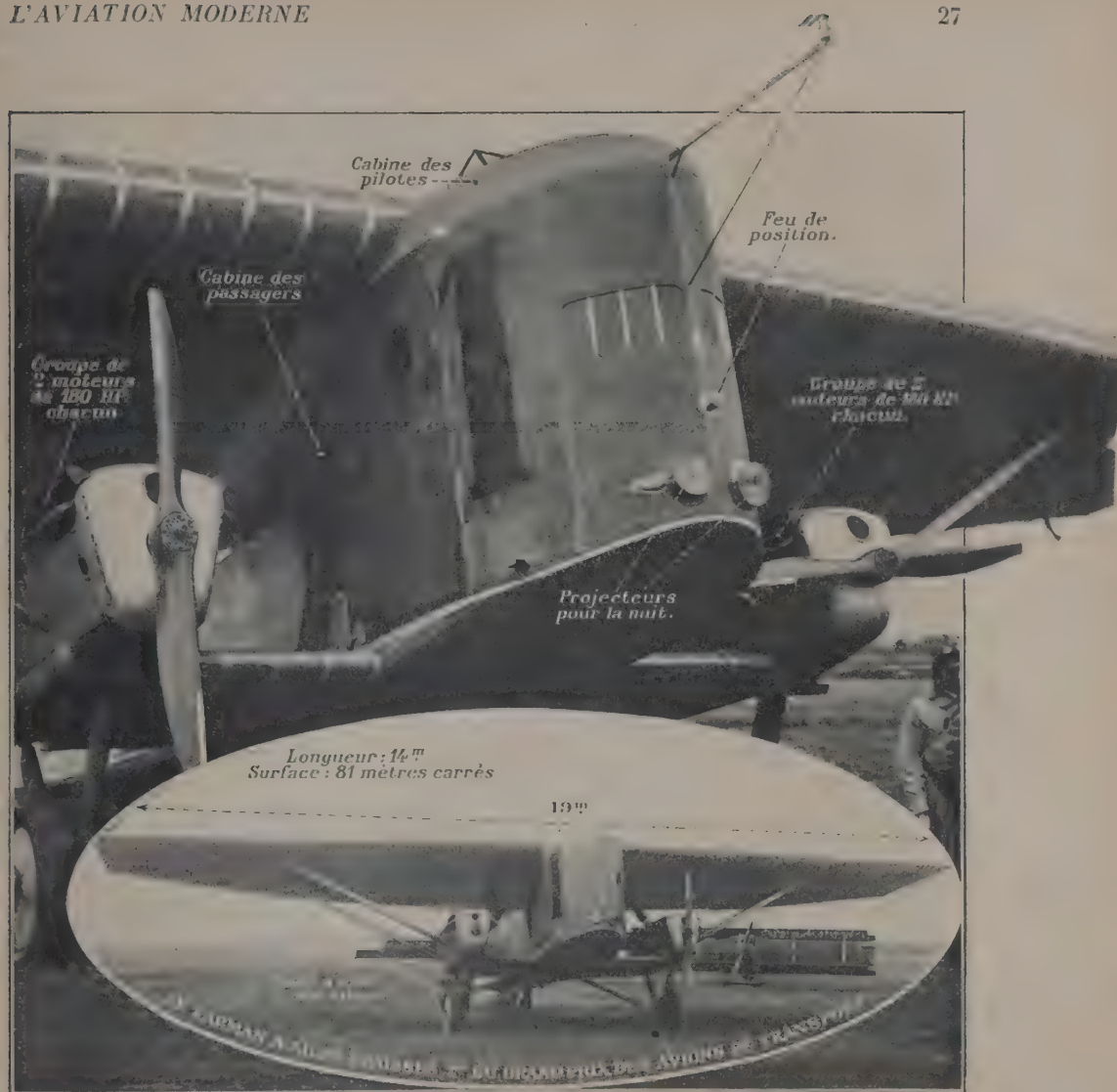
AU PÔLE NORD EN AVION.

L'appareil que nous montre la photographie ci-dessus est un avion polaire — et également un hydravion.

Il n'est pas destiné à de longues croisières « de plaisance » (si l'on ose employer tel qualificatif quand il s'agit des randonnées que les chasseurs aviateurs se proposent d'accomplir), mais bien à une courte expédition uniquement scientifique, ayant pour but de survoler le pôle géographique Nord de notre terre. C'est le célèbre Amundsen qui en a formé le projet hardi et l'appareil a été construit en Italie, avec licence d'une société allemande.

L'avion fut transporté aussi près du Pôle que possible, et là, choisissant son jour, s'élança vers son but; toutefois aucun atterrissage volontaire n'était prévu sur la banquise polaire, et le point reconnu, l'avion devait retourner à sa base. En été 1925 l'épreuve a été tentée et a malheureusement échoué sans toutefois causer mort d'homme.

semblables aux appareils de même sorte montés sur des véhicules terrestres ou marins. Les divers compas, boussoles, navigraphes, radiogoniomètres, etc., sont dans le même cas. Appareils d'éclairage, chauffage électrique, télégraphie



UN GROS AVION DE TRANSPORT COMMERCIAL.

Peu à peu nous assistons au dégagement des caractéristiques, des normes, des canons, si l'on peut dire des avions gros porteurs et, de jour en jour, les lignes, le dessin général des appareils se dégagent, bien différentes, en dépit des similitudes forcées, tenant à l'identité des formules de construction, de ce que nous avions coutumes de voir.

Parmi ces avions de commerce, véritables wagons-lits aériens, le Farman dont nous donnons des photographies est un des plus caractéristiques et des mieux réussis.

Le Jabiru Farman, ainsi qu'on l'appelle est une sorte de gros monoplan. Nous voyons bien, au-dessous de la carlingue, un deuxième plan, mais d'envergure très réduite, ne dépassant pas l'aplomb des axes des moteurs, situés eux-mêmes au-dessus des jambes latérales du train d'atterrissage,

et téléphonique sans fil, projecteurs, lance-fusées, etc., etc., ne présentent également pas une originalité bien caractérisée lorsqu'ils sont destinés au service aérien.

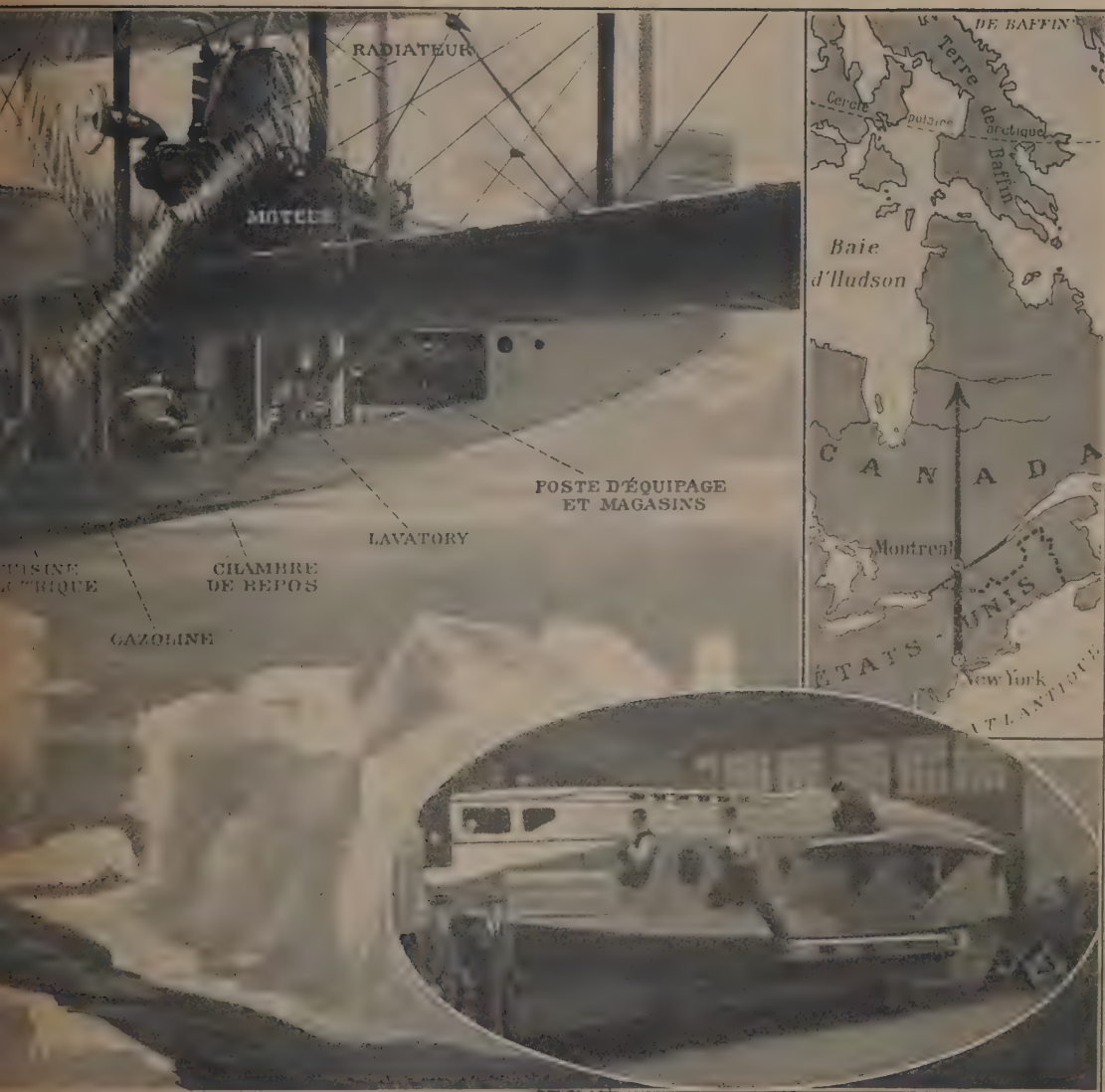
Mais il n'en est pas de même en ce qui concerne les compresseurs d'air d'alimentation des moteurs ou turbo-compresseurs. Plutôt qu'un instrument



LA CHASSE AÉRIENNE. — LES CHASSEURS DE FOURRURES PRÉCIEUSES

Les Etats-Unis d'Amérique, pays des initiatives hardies, a vu naître et se réaliser (tout au moins commencer de se réaliser) un projet original. Il s'agit, grâce à l'aéroplane de se transporter rapidement au-dessus des immenses territoires déserts de l'Extrême-Nord Américain, qui, grâce justement à leur difficulté d'accès, recèlent encore beaucoup d'animaux à fourrures précieuses, et de se servir de ce moderne engin, non seulement pour atteindre les pays à fourrures, mais encore pour chasser. Les publications américaines nous ont donné les détails de la construction et de l'équipement de tel avion — lequel est d'ailleurs un hydravion — qu'on nous dit amphibie bien que sur les photographies que l'on nous a envoyées, le train d'atterrissage soit invisible.

de bord, ils doivent être considérés comme de véritables petits moteurs auxiliaires qui donnent du souffle et prolongent l'effort du moteur principal au moment où celui-ci pourrait tomber en défaillance, par suite d'une alimentation déficitaire en air et en oxygène.



LANCENT VERS L'EXTRÊME-NORD DU CONTINENT AMÉRICAIN EN AÉROPLANE.

Théoriquement, pareille entreprise ne présente aucune impossibilité, reste à voir si l'avion durera longtemps, la rencontre d'un seul glaçon, sur une eau apparemment libre, peut rendre l'amerrissage fatal en crevant irrémédiablement la coque de ce véritable navire volant.

Bien d'autres écueils sont d'ailleurs à redouter, qui sont le pain quotidien des expéditions polaires — brumes, tempêtes de neige, blizzards, etc. Quant au tir, par les meurtrières de la carlingue, l'expérience seule pourra nous renseigner sur son efficacité; mais les tirs au mousqueton du début de la guerre sur un but pourtant plus vulnérable qu'un phoque ou un ours, ne sont pas sans nous laisser quelque scepticisme.

Pour bien en faire comprendre l'utilité à haute altitude rappelons en quelques mots les caractéristiques de la guerre aérienne à haute altitude; nous reviendrons ensuite sur la description sommaire de ces indispensables auxiliaires du haut vol que sont les turbo-compresseurs.



LE PONT D'UN CUIRASSÉ AMÉRICAIN

Prise d'un avion de bombardement, notre gravure présente l'autre acteur du drame — la proie après le prédateur — c'est-à-dire le cuirassé, but des attaques aériennes.

La photographie est prise d'un avion volant très bas et qui croise l'avant du navire. On remarquera les



Photo Trampus.

PHOTOGRAPHIÉ PAR UN AVION.

chambres d'observation placées au sommet des mâts en treillis d'acier, et vers la plage arrière les 4 canons jumelés de fort calibre en 2 tourelles cuirassées. De chaque côté, des avions sont rangés, attendant l'heure de la mise à la mer ou de l'envol.

LA GUERRE AÉRIENNE ET LE VOL A HAUTE ALTITUDE

Nous devons donner quelques détails, hélas forcément très écourtés par suite du manque de place sur le rôle sans cesse grandissant de l'arme aérienne ou cinquième arme dérivée surtout de notre aviation commerciale dans le cas de guerre navale.

Disons tout de suite qu'il y a deux sortes de vaisseaux aériens dont le rôle est bien différent, le genre d'efficacité bien spécial; ce sont les aérostats dirigeables d'une part, et les avions, de l'autre, les plus légers et les plus lourds que l'air. Les premiers se subdivisent à leur tour en gros dirigeables rigides à grand rayon d'action, et en éclaireurs ou vedettes aériennes (petits vaisseaux munis d'un moteur d'avion et montés par deux hommes d'équipage).

Les grands dirigeables, dont il faut bien le reconnaître, les modèles les plus parfaits sont dérivés du type allemand Zeppelin; atteignent aujourd'hui des dimensions considérables, et portent un nombreux équipage; ils sont capables de traverser l'Atlantique sans ravitaillement, et en raison de ce grand rayon d'action, ont leurs ports d'attache sur le continent. D'ailleurs ils nécessitent à terre des installations tellement importantes que l'on ne saurait pratiquement créer une base aérienne flottante. Ces gros navires atmosphériques sont infiniment précieux pour reconnaître les mers; rien ne saurait leur échapper, ni vaisseaux de surface, ni sous-marin. Leur « plafond » (c'est-à-dire l'altitude maxima qu'ils peuvent atteindre va jusqu'à 7 ou 8 000 mètres et peut atteindre, dit-on, 10 000 mètres, ce qui les met pratiquement à l'abri de l'artillerie navale ou terrestre; nous ne croyons pas cependant que leur rôle se développe démesurément, comme on le croit communément et que nous assistions bientôt aux évolutions de véritables flottes aériennes de grands aérostats rigides, tout au moins, tant que la formule actuelle de construction et la matière de remplissage (hydrogène) resteront les mêmes. En effet, ces monstres, extrêmement fragiles sont composés, nous le savons, d'une immense armature en treillis d'aluminium et câbles d'acier, contenant des ballonnets gonflés à l'hydrogène. L'hydrogène, éminemment diffusible à travers les parois les plus étanches (même en métal) se mélange rapidement à une certaine quantité d'air et devient un mélange détonant très inflammable; les moteurs, ne l'oublions pas, sont suspendus de part et d'autre de ce véritable explosif, comme une mèche allumée auprès d'un baril de poudre. Ce n'est pas tout, par suite de la position latérale des hélices, la rupture d'un de ces engins, cas hélas trop fréquent, peut occasionner une terrible déchirure dans l'enveloppe, par suite de la projection d'une pale de l'hélice. Ajoutez à cela la foudre, les projectiles incendiaires de l'ennemi, les réactions encore mal connues des ondes hertziennes sur une enveloppe métallurgique hétérogène et vous conclurez que ces immenses engins sont vraiment trop vulnérables, tout au moins en l'état actuel.

Ces conditions peuvent-elles changer? Sans aucun doute, et même très facilement. Supposez, en effet que nous puissions gonfler notre ballon avec un gaz ininflammable; aussitôt tout change. On peut mettre les moteurs dans l'intérieur de l'aérostat et les hélices en avant ou en arrière, sans plus rien craindre désormais de leur éclatement et des projections de leurs pales. Les projectiles



UN NAVIRE PORTE AVION, VU D'UN APPAREIL EN VOL.

C'est un navire de fort déplacement pour obtenir une habitabilité aussi bonne que possible, et au-dessus des superstructures duquel on a élevé une immense plate-forme solidement établie sur une charpente d'acier légère et résistante. Les mâts sont supprimés et les cheminées remplacées par un large dégagement horizontal vers l'arrière, sorte de tunnel servant à l'évacuation des fumées.

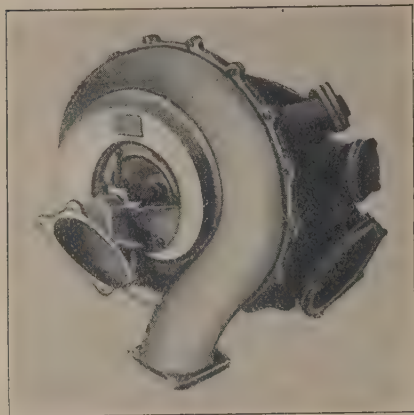
La plate-forme, absolument dégagée, sert à l'atterrissage et à l'envol des appareils ; grâce à la vitesse propre du navire, ces opérations sont facilitées ; d'ailleurs tout un système de freins à cordes et d'amortisseurs élastiques ou à poids sont prévus pour arrêter l'élan des avions lors de l'atterrissage sur le pont.

En cas de nécessité, les avions marins, qui sont souvent amphibies, amersissent autour du navire, à l'abri de sa coque et sont ensuite hissés à bord.

Tous les services nécessaires, ateliers, magasins, stocks, etc., sont largement logés dans la coque, et, au-dessous du pont d'arrivée ou de départ, sur le pont principal.

incendiaires deviennent presque inoffensifs, et tous les organes étant contenus à l'intérieur de l'aérostat, la pénétration dans l'air devient parfaite et la vitesse s'accroît d'autant. La foudre est désormais impuissante contre un navire

aérien dont le contenu n'est pas inflammable. Bien plus et bien mieux; ce gaz sustentateur inerte peut être alternativement chauffé ou refroidi (les chaleurs



LE TURBO-COMPRESSEUR RÂTEAU
POUR MOTEUR D'AVION, VU DU CÔTÉ DU
VENTILATEUR.

perdues de l'échappement et du refroidissement des moteurs peuvent être employées à cet usage) par conséquent sa densité peut varier dans de grandes proportions, et par suite son pouvoir sustentateur — plus il sera chaud, plus il sera léger et mieux il flottera dans l'air — et le contraire s'il se refroidit. Donc on peut prévoir une économie formidable de lest, cet indispensable lest, qui, bien plus que tout autre élément influe sur la durée possible des ascensions (On sait en effet que dans un aérostat, le pilote doit continuellement lâcher du gaz pour descendre et jeter du lest pour monter — et que l'un et l'autre sont irrémédiablement perdus).

Mais ce gaz, ce phénix des gaz sustentateurs, cette providence des dirigea-

bles, existe-t-il? Cet élément, qui par sa seule présence modifie du tout au tout les possibilités de l'aérostation, existe-t-il? Certes oui, il existe et c'est l'hélium. Malheureusement il est fort rare; mais cependant il en existe déjà assez dans le monde pour gonfler un ou même deux dirigeables; ce sont nos bons amis d'Amérique qui possèdent cet inestimable trésor. Ils ont découvert chez eux, au voisinage des régions pétrolifères, des sources de gaz naturel, analogue au grisou des mines de charbon (ce cousin germain du gaz d'éclairage); ce gaz naturel, depuis longtemps utilisé en Amérique à tous les usages du gaz de houille, contient des traces infinitésimales de cet hélium, mais comme le débit des sources gazeuses est énorme, le Français Claude a construit des appareils de récupération dudit hélium. Dans un autre chapitre nous parlerons plus longuement de ce gaz paradoxal, découvert dans l'atmosphère solaire (d'où son nom) et qui représente à lui tout seul toutes les possibilités d'avenir de la navigation aérienne de haute puissance, de guerre ou de commerce.

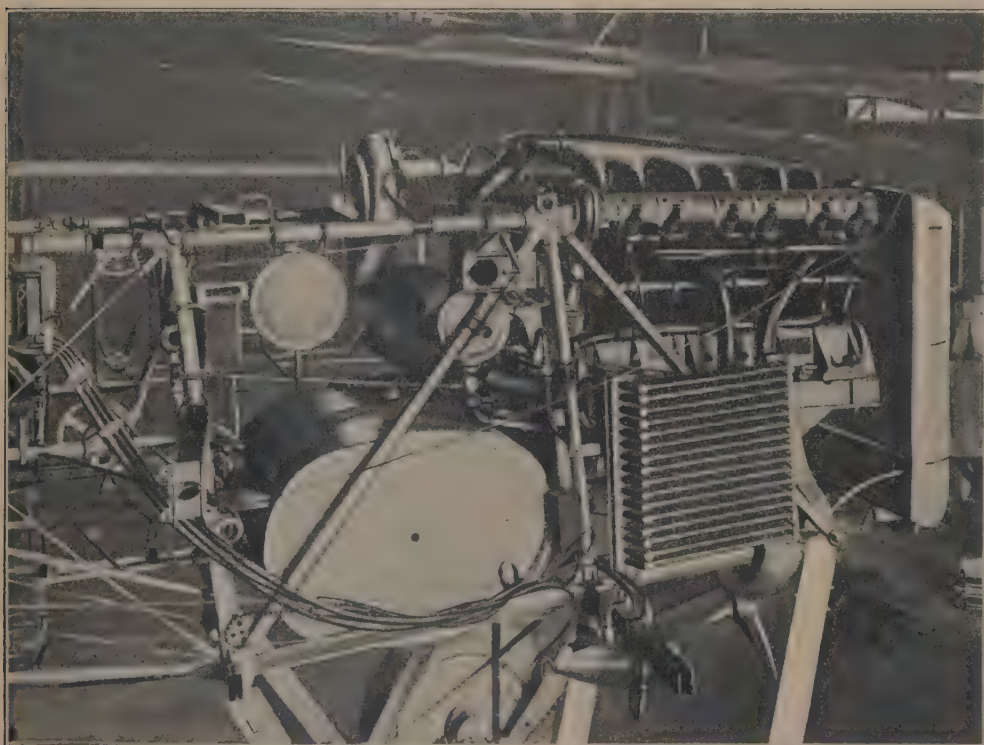
LA SURALIMENTATION DES MOTEURS D'AVIONS ET D'AUTOMOBILES : LE TURBO-COMPRESSEUR

Comme bien d'autres progrès techniques, la suralimentation des moteurs est née de la guerre: appliquée d'abord aux avions, nous la voyons aujourd'hui améliorer également le rendement du moteur moderne d'automobile à très grande vitesse.

Nous avons vu dans le chapitre précédent l'intérêt qu'il y avait pour l'avion à augmenter sans cesse l'altitude maxima qu'il peut atteindre, ce que l'on appelle son « plafond » en terme de métier. Deux avantages sont liés

à cette hauteur du plafond : 1^o dominer son adversaire tout en échappant aux attaques de l'artillerie anti-aérienne; 2^o augmenter la vitesse de l'avion par suite de la raréfaction de l'air.

Mais tout de suite, cette même raréfaction de l'air intervient pour affaiblir le moteur, puisque l'air étant détendu, à chaque aspiration, celui-ci prend une quantité d'air décroissante avec la hauteur. Ici, une parenthèse pour faire bien comprendre le mécanisme de cette sous-alimentation; bien que tout le monde connaisse aujourd'hui le principe du moteur d'automobile ou



TURBO-COMPRESSEUR RATEAU MONTÉ SUR UN MOTEUR D'AVION ET DISPOSÉ POUR CAPTER L'ÉNERGIE DES GAZ DE L'ÉCHAPPEMENT.

Le turbo-compresseur est monté à la sortie des gaz, à la partie supérieure et au milieu du fuselage dans la gravure, au-dessus du grand réservoir qui repose sur les longerons inférieurs.

d'avion, rappelons que celui-ci fonctionne suivant le cycle dit à quatre temps.

1^o Premier temps ou temps moteur : l'explosion du mélange d'air et d'essence chasse le piston et produit le travail, qui, emmagasiné par un volant suffira à prolonger le fonctionnement du moteur pendant les 3 autres temps qui ne produisent aucune force mais au contraire, en dépensent.

2^o Deuxième temps : le piston remonte dans le cylindre et chasse les gaz brûlés, par la soupape d'échappement, ouverte par une came;

Troisième temps : aspiration, le piston redescend et aspire derrière lui dans le cylindre le mélange carburé qui pénètre par la soupape d'admission.

Quatrième temps : compression ; le piston remontant dans le cylindre comprime les gaz dans la partie supérieure de celui-ci, ou chambre de combustion. A la fin de ce temps, la magnéto fait jaillir une étincelle entre les électrodes de la bougie, l'explosion se produit et le cycle recommence.

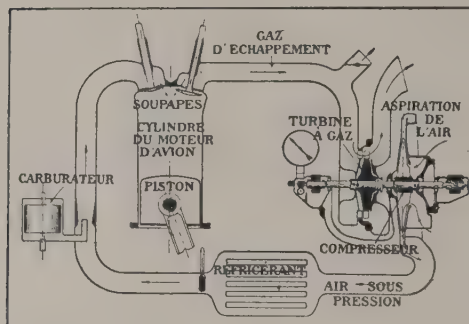


SCHÉMA DU TURBO-COMPRESSEUR MONTRANT LE PARCOURS DES GAZ ET DE L'AIR DE SURALIMENTATION DU MOTEUR.

est la moitié de celle que le moteur aspire au sol et le quart vers 11 800. Mais, ce qui est encore pire c'est que la puissance du moteur décroît encore plus vite ; elle n'est plus que de 0,44 pour 100 à 6 500 mètres, pour devenir pratiquement nulle à 18 000 mètres.

Ci-contre un tableau des variations des températures et des densités en fonctions des altitudes jusqu'à 10 000 mètres.

Ce même phénomène d'appauvrissement d'alimentation du moteur en air peut se produire au niveau du sol, mais pour une autre raison ; c'est à cause de l'inertie et de la viscosité de l'air, qui aux formidables vitesses de 6 à 7 mille tours à la minute de certains moteurs d'automobile, n'a pas le temps de remplir le cylindre, il faut alors l'y forcer, et nous retombons dans le même cas que pour l'aviation à haute altitude.

Quels ont été les remèdes apportés à ces maux ? Ils sont de deux ordres : la suralimentation et la surcompression ; le turbo-compresseur Rateau et le dispositif Damblanc, par exemple.

Le turbo-compresseur de Rateau, de l'Institut, a fait ses

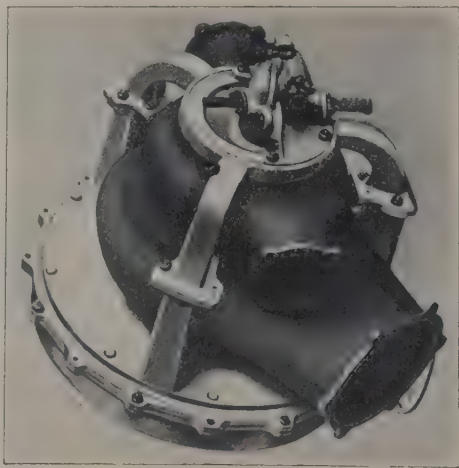
ALTITUDE EN MÈTRES	PRESSIION H EN M/M DE MERCURE	H — 760	TEMPÉRA- TURES
0	760	1	+ 12°
500	715	0.94	+ 10°
1.000	674	0.886	+ 6°
1.500	635	0.835	+ 3°
2.000	597	0.785	0°
2.500	562	0.736	— 2°
3.000	526	0.690	— 4°
3.500	493	0.650	— 7°
4.000	462	0.608	— 10°
4.500	434	0.570	— 13°
5.000	407	0.535	— 16°
5.500	381	0.501	— 19°
6.000	356	0.468	— 22°
6.500	333	0.439	— 25°
7.000	312	0.410	— 28°
7.500	293	0.385	— 31°
8.000	274	0.360	— 34°
8.500	257	0.338	— 37°
9.000	240	0.316	— 40°
9.500	225	0.296	— 43°
10.000	210	0.277	— 46°

preuves. Monté sur le Bréguet XIV A2 du capitaine Clozel, il a permis à cet avion de s'élever à 9 000 mètres avec charge complète (mécanicien à bord, tourelle de mitrailleuse, mitrailleuse de capot, alternateur et équipement de T. S. F.). C'est encore lui qui, sur le Gourdon-Leseurre de Callizo dont nous donnons une photographie, a permis à cet excellent pilote de conquérir le record mondial de l'altitude, par plus de 12 000 mètres.

Qu'est-ce qu'un turbo-compresseur Rateau? C'est un ventilateur centrifuge qui comprime l'air d'alimentation envoyé au carburateur, de façon à établir à l'entrée des cylindres une pression sensiblement constante quelle que soit celle de l'air ambiant. Ce ventilateur est attelé à une turbine à gaz qui utilise l'échappement du moteur.

Le problème était ardu à résoudre, tant au point de vue théorique que pratique. Nous ferons grâce au lecteur des calculs qui prouvent que, avec 1 gramme d'essence et 19 grammes d'air (taux ordinaire du mélange carburé utilisé dans les moteurs) nous produisons 4 à 5 p. 100 de gaz de plus qu'il n'est entré d'air, que ces gaz arrivent aux distributeurs de la turbine à 750° centigrades ce qui donne $\frac{20}{19} \times \frac{1023}{253} = 4,2$ pour 1 à l'admission (1023° et 253° sont les températures absolues (c'est-à-dire comptées à partir du 0 absolu) de l'admission à 20° (5 500 mètres d'altitude 253°) et à l'échappement (1023°) qu'il est donc nécessaire que le rendement de la turbine du compresseur soit égal ou supérieur à l'inverse de 4,2 soit 23,8 p. 100 pour qu'on puisse rétablir pratiquement 760 millimètres de pression d'air à l'admission, sans produire de contre-pression exagérée au moteur. Or on peut concevoir (avec l'allègement des pièces en mouvement) 30 p. 100 comme rendement du turbo-compresseur, donc théoriquement la chose est possible.

Mais la réalisation pratique n'a pas été sans de sérieuses difficultés; faire tourner à la vitesse périphérique de 380 mètres-seconde un mobile de 240 millimètres de diamètre à 30 000 tours-minute est chose délicate puisque à cette allure, la force centrifuge représente pour chaque gramme de métal un effort d'arrachement de 123 kilogrammes. Ce qui veut dire que si nous supposons une parcelle de 1 gramme d'acier que nous voulions attacher à l'une des pales du ventilateur, il faudrait un lien résistant à une traction de 123 kilogrammes (le poids d'une barrique de vin dite demi-pièce). Ce n'est pas tout : le rotor, de la turbine reçoit des gaz à 650° (compte tenu de la détente dans le distributeur) ce qui est la température du rouge-vif tandis que le ventilateur, son voisin immédiat puise de l'air à moins 20°; d'un côté métal ramolli par la cha-



TURBO-COMPRESSEUR RATEAU, VUE DE LA TURBINE, AU 1^{er} PLAN ET DERRIÈRE LE CARTER EN ALUMINIUM DU COMPRESSEUR RATEAU.

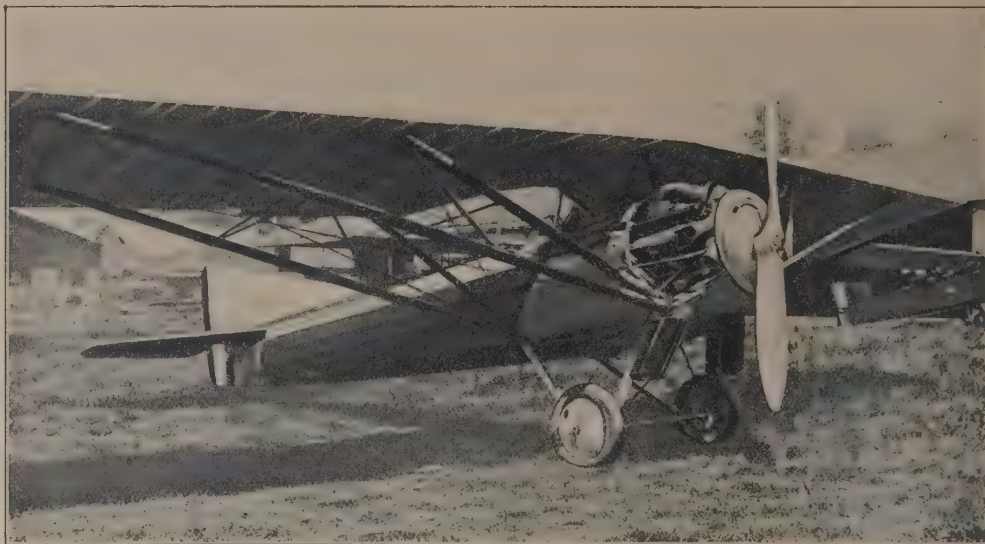


Photo Narbert.

MONOPLAN GOURDOU-LESEURRE MUNI D'UN TURBO-COMPRESSEUR RATEAU ET QUI, AUX MAINS DE CALLIZO, EST MONTÉ A PLUS DE 12 000 MÈTRES (RECORD DU MONDE D'ALTITUDE)

leur et de l'autre rendu cassant par le froid. Et nous ne parlons pas des difficultés accessoires, mais énormes d'équilibrage statique (au repos) et dynamique (en mouvement) des masses, de l'alignement rigoureux des paliers avec un arbre chauffé au rouge d'un bout et glacé de l'autre — du graissage, etc., etc.

Enfin tout cela a été résolu et le turbo-compresseur Rateau, chef-d'œuvre de science et d'industrie est né et fonctionne au mieux. Il se compose d'une roue à aubes (turbine) recevant les gaz de l'échappement, taillée dans de l'acier à outils dit acier rapide contenant 18 0/0 de tungstène; actionnée par les gaz d'un 300 CV. Hispano, elle a développé la force incroyable de 50 CV. La roue du ventilateur a 9 pales, 242 millimètres de diamètre, elle est en acier au nickel et taillée par fraisage dans un bloc d'acier; elle a pu fournir sans éclatement, la vitesse extraordinaire de 53 000 tours-minute, c'est-à-dire 670 mètres-seconde de vitesse périphérique.

Nous donnons tous ces chiffres car ils sont d'un intérêt capital, et bien représentatifs des immenses progrès de la métallurgie moderne.

Il ne nous reste qu'un mot à dire du procédé Damblanc, le dernier venu, pour lutter contre la défaillance des moteurs à haute altitude. Il s'adresse à la compression (le 4^e temps du cycle), qu'il augmente quand l'avion s'élève, en modifiant la longueur des bielles et par conséquent la course du piston, par décentrement de l'articulation du pied de bielle sur le manneton du vilebrequin.





Photo Rol.

POSTE DE PILOTAGE D'UN APPAREIL DE TRANSPORT COMMERCIAL LATÉCOÈRE.

On remarquera l'effort très visible des constructeurs pour le rendre le plus confortable possible. Il est spacieux et bien garanti par des pare-brises du vent terrible qui y souffle, tout en restant très clair et très dégagé.

LE PILOTE AVIATEUR DE COMMERCE

DANS ces temps héroïques de l'aviation dont nous parlons si souvent parce que nous les avons vécus (tout proches qu'ils sont, ils semblent déjà s'estomper dans un lointain quasi-fabuleux), pour être pilote aviateur il suffisait de savoir conduire un appareil.

Pendant la guerre même, bien qu'un commencement de classification ait été essayé entre les candidats à l'aviation militaire, on sélectionnait surtout les « as » d'après leur courage, leur sang-froid, leur adresse; certains même qui, il est vrai, présentaient ces qualités au maximum, manquaient de la résistance physique indispensable et leur vie de tous les jours était une lutte héroïque contre la défaillance toujours menaçante de leurs forces. C'est ainsi que le héros Guynemer était d'une santé nettement défectueuse et qu'il accomplit l'extraordinaire série d'exploits qui le conduisirent à la Gloire et à la Mort, grâce à une énergie morale surhumaine.

Cependant, à mesure que s'accroissait le rôle de l'aviation on s'inquiétait de plus en plus de l'examen physique des pilotes auxquels l'État confiait non seulement un appareil très précieux pour la défense nationale, mais encore des vies humaines, bien plus précieuses encore!

Mais il fallait faire trop vite, faire trop grand et il était impossible dans la

bousculade de cette guerre d'étudier à loisir les normes, c'est-à-dire les caractéristiques indispensables, du tempérament aviatique.

Aussitôt la paix conclue, il devint évident que les études sur ce sujet méritaient d'être poussées à fond, car ce n'était plus seulement un appareil coûteux et quelques rares vies humaines qui étaient confiés au pilote, mais un véritable vaisseau aérien pouvant être monté par plusieurs dizaines de passagers.

Cette nécessité présentait un caractère non seulement national mais mondial, les lignes de transport régulier intéressant plusieurs pays et étant au service des citoyens du monde entier.

C'est pourquoi il fut créé, par application des dispositions contenues dans le Traité de Versailles, et de celles d'une Convention Internationale d'octobre 1919, une commission médicale supérieure d'aviation, dans chaque pays, et, pour unifier toutes les règles promulguées par ces commissions dans leur propre patrie, une Commission supérieure Internationale de la Navigation Aérienne.

Les règlements élaborés par cette Commission dans ses Sessions périodiques ont force de loi dans le monde entier et sont mis aussitôt en vigueur; c'est ainsi qu'il a été décidé que tous les pilotes chargés d'un service public pour des lignes aériennes nationales ou internationales, subiraient tous les semestres une visite pour apprécier leurs capacités professionnelles et voir si elles n'auraient pas subi de diminution.

De même, après chaque accident, une nouvelle visite était exigée avant de rendre au pilote accidenté sa licence de plein exercice.

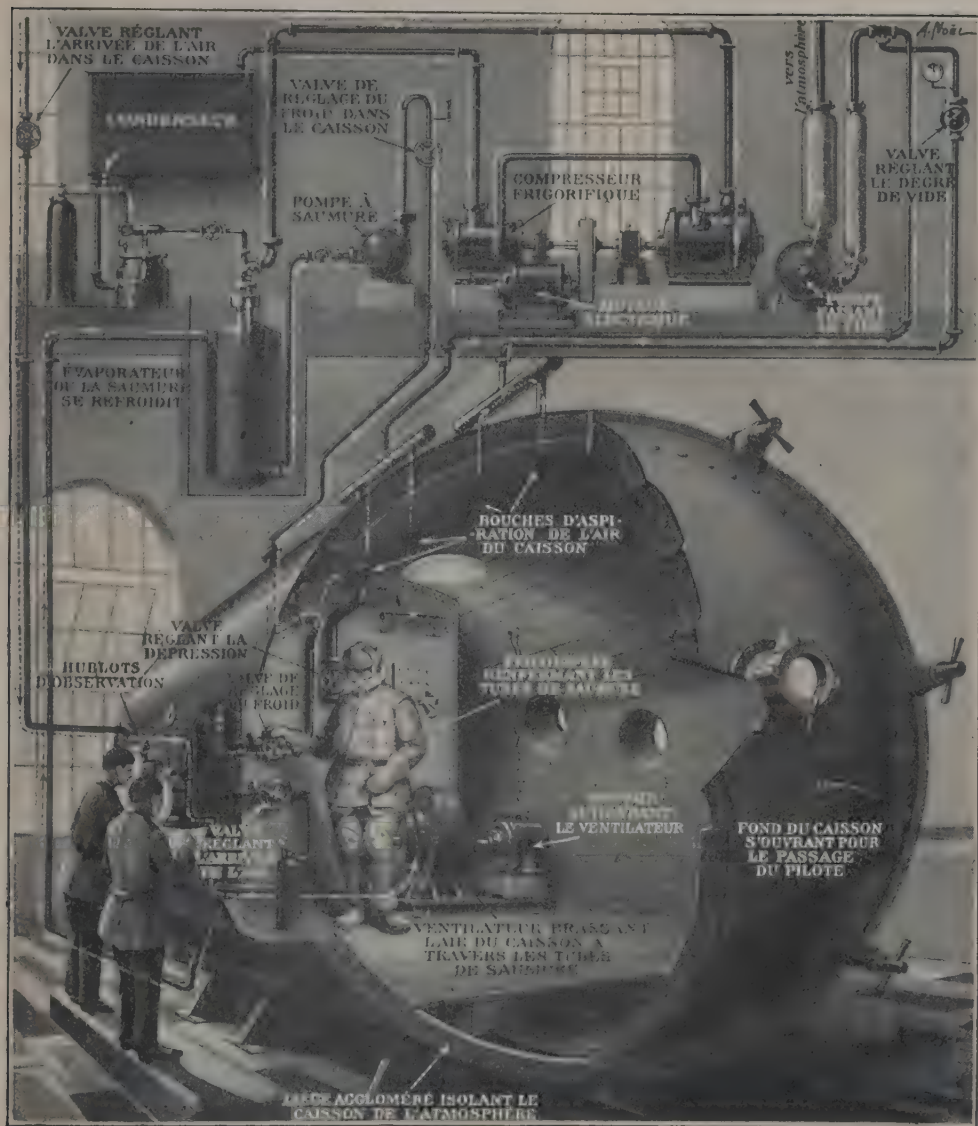
Voyons succinctement quelles sont les conditions que l'on exige d'un pilote aviateur de ligne et nous dirons ensuite quelques mots des appareils et instruments destinés à mesurer sa capacité fonctionnelle à son entrée dans la carrière, puis, ensuite, à des intervalles réguliers.

D'abord, la limite d'âge qui est imposée à ces professionnels ne doit pas être inférieure à dix-neuf ans ni supérieure à quarante-cinq. Au-dessous, en effet, de ce chiffre, l'adolescent non encore suffisamment viril ne possède pas les qualités morales ni la résistance physique nécessaires à l'exercice de son dur métier. Au-dessus de quarante-cinq ans, il peut se trouver que certains sujets présentent une diminution sensible de l'acuité de leurs sensations et une lenteur de leurs mouvements en même temps qu'une fatigue générale consécutive au surmenage nerveux que comporte l'exercice de cette pénible profession.

Les femmes ne seront en aucun cas admises à piloter un avion de commerce. Elles seront autorisées seulement à se livrer à des exhibitions et à des acrobaties sur des terrains choisis, à l'exclusion de tout service public, ce qui d'ailleurs ne saurait étonner, puisqu'il n'est pas permis à une femme de conduire une locomotive ni de piloter un navire. Cela ne saurait étonner quand on sait combien il est nécessaire dans certains cas, pour le pilote, de développer une force physique que bien peu de femmes peuvent fournir.

A ce propos, on cite une anecdote qui démontre combien, dans certains cas, il faut faire preuve de vigueur et d'endurance dans la conduite d'un avion.

C'était entre Ajaccio et Antibes; un hydravion qui, ayant amerri par suite d'accident, et ayant eu sa dérive arrachée par les vagues, vint en travers à la lame; le pilote, pour rétablir l'équilibre qui menaçait à chaque houle de



DISPOSITIF D'ENSEMBLE DE L'APPAREIL D'EXAMEN DES PILOTES
AVIATEURS A HAUTE ALTITUDE (AÉROPORT DU BOURGET).

Nous verrons plus loin les photographies des différentes parties de cette installation. Ici, le dessinateur a figuré l'ensemble de l'appareillage

En haut sont les machines nécessaires au fonctionnement du caisson d'expérience; on y voit de droite à gauche la pompe à vide qui raréfie progressivement l'air contenu dans l'enceinte; la pression atmosphérique y diminue dans la même proportion et le pilote en essai se trouve plongé dans un milieu d'air de plus en plus raréfié comme s'il s'élevait lentement dans l'atmosphère; il est ainsi possible de réaliser artificiellement les conditions de vie à toutes les altitudes; mais plus on monte dans les airs, plus il fait froid; pour réaliser cette seconde condition une machine frigorifique refroidit de la saumure incongelable qui, au moyen d'un radiateur fait varier à volonté la température dans l'intérieur du caisson.

chavirer l'hydravion, dut se promener sans cesse d'un bout de l'aile à la coque et continuer cet exercice huit heures durant.

On imagine aisément quelle formidable énergie et quelle dépense de force musculaire cela représente.

Il est évident que tout individu présentant des troubles visuels ou auditifs, des lésions cardiaques même bien compensées, de la tuberculose pulmonaire ou des troubles nerveux de quelque nature qu'ils puissent être, sera impitoyablement refusé, sans pousser plus loin l'examen, de même que tout homme présentant une tare quelconque, alcoolisme, manies, etc.

Voyons maintenant dans ses principales lignes en quoi consiste l'examen que subit un candidat à l'emploi de pilote aviateur.

Il est soumis à un examen de médecine générale, un d'ophtalmologie, un concernant le nez, la gorge et les oreilles (oto-rhino-laryngologie), un du système nerveux et, enfin, un examen aux rayons X pour s'assurer de l'intégrité du poumon, du cœur et des gros vaisseaux.

Ces différents examens sont subis au service de la navigation aérienne (en abrégé S. N. Aé.) à l'aéroport du Bourget où se trouve, dans le pavillon Paul-Bert, le service d'examen médical.

L'inspection de médecine générale comporte un interrogatoire rapide sur les maladies antérieures, sur les habitudes (alcool? tabac?) sur la pratique des sports; puis on examine ensuite l'ensemble du corps et l'on passe à l'examen des organes particuliers tels que : auscultation du poumon et du cœur (celle-ci est double. On examine le sujet d'abord au repos, puis après trois minutes d'exercice assez violent consistant en un pas gymnastique de cadence accélérée).

On prend note des caractéristiques du corps du candidat à l'aide des mensurations habituelles : tour de poitrine, capacité respiratoire, temps possible d'arrêt de respiration, etc. Enfin, on examine l'appareil digestif, les dents, l'estomac, le foie, l'intestin; l'état de l'appareil rénal est apprécié à l'aide de l'analyse des urines.

De toutes ces notions, la plus importante est certainement celle qui touche l'état du cœur et des gros vaisseaux, car on a remarqué que l'habitude des ascensions à haute altitude s'accompagnait d'une hypertrophie du cœur.

Les examens de l'œil sont de deux ordres : les uns éliminatoires et les autres, complémentaires.

Parmi les signes capitaux, on recherchera l'inégalité de la dilatation pupillaire qui peut déceler des troubles nerveux. On s'assurera des formes et des réactions de l'œil qui doivent être normales. On constatera les qualités de la vision en faisant lire au sujet des caractères tracés sur un tableau, de grandeur décroissante, à une distance donnée.

On mesurera l'étendue de son champ visuel. Sa faculté à apprécier le relief est notée (pour cela on se sert d'un appareil qui comporte trois barres dont l'une, celle du milieu est mobile : on la déplace à l'avant ou à l'arrière des deux autres et le candidat doit, dans le moins de temps possible, donner sa situation par rapport aux deux autres).

Il faut s'assurer que l'examiné ne présente aucun signe de cette maladie si répandue et que l'on ignorait autrefois faute de la rechercher, que l'on appelle daltonisme et qui consiste à confondre les couleurs entre elles.

Pour cela, on soumet inopinément au candidat des écheveaux de laine de diverses couleurs et il doit nommer cette couleur, sans erreur, sans hésitation dans un délai très court. Ce sens des couleurs appelé sens chromatique, présente une grande importance pour la lecture des signaux.

Enfin, on mesure encore l'acuité de la vision de nuit.

Un des examens capitaux consiste dans l'étude attentive de l'oreille, du nez et de la gorge des candidats.

Quant à l'observation de l'oreille, de beaucoup le plus important, elle se divise en deux : l'examen de l'audition proprement dite et celle du sens de l'équilibre, qui dépend, on le sait aujourd'hui, de l'intégrité de l'oreille interne.

Pour le premier cas, on vérifie l'état des tympans, puis on recherche le degré d'acuité auditive en faisant répéter au sujet des paroles prononcées à une distance déterminée, soit à voix chuchotée, soit à voix forte, tantôt de face et tantôt de profil.

Pour mesurer le sens de l'équilibre, chose capitale, on pratique tout d'abord ce que l'on appelle la manœuvre de Romberg pour la recherche du signe de même nom.

Le patient placé debout, d'abord pieds joints, les yeux fermés, puis ensuite les pieds en ligne, l'un devant l'autre, et toujours les yeux fermés, doit rester immobile sans osciller et encore moins tomber; puis enfin, les yeux toujours fermés, il doit aller et venir en commandement dans la pièce.

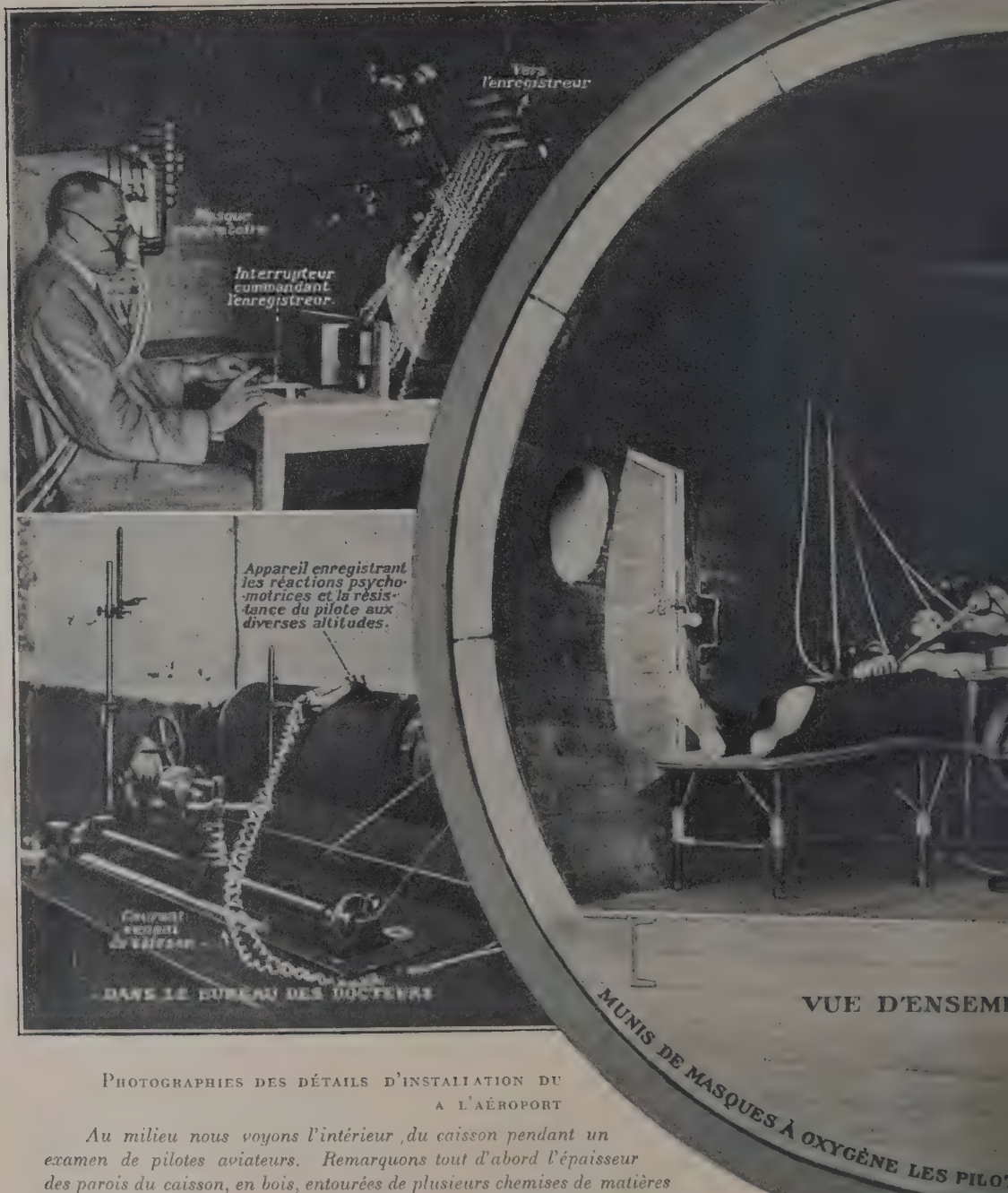
Nous avons dit que le sens de l'équilibre réside dans l'oreille interne, grâce à des organes spéciaux que l'on appelle les canaux semi-circulaires; ils contiennent un liquide spécial dont les changements de position, de même que les bulles d'air dans un niveau, ou mieux comme l'eau dans les branches des vases communicants, renseignent constamment notre cerveau sur la position qu'occupe notre corps, dans l'espace, par rapport à la verticale.

On fait tourner sur lui-même et plusieurs fois le sujet puis on l'arrête brusquement. Il est facile de comprendre que le liquide des canaux semi-circulaires a tendance à continuer son chemin et l'équilibre se trouvera troublé; c'est ce que connaissent bien les jeunes danseurs et les jeunes danseuses qui, après avoir valsé avec trop d'ardeur, ont de la peine à se maintenir correctement droits.

Quand le patient, assis dans un fauteuil, a été lancé sur lui-même pendant 8 à 10 tours, on recherche le signe que l'on appelle le nystagmus, c'est-à-dire les secousses horizontales des globes oculaires qui se font du côté opposé au sens de la rotation; leur intensité n'est pas en cause mais seulement leur persistance. Normalement, elles ne doivent pas dépasser quinze secondes pour l'œil droit et vingt-cinq secondes pour l'œil gauche¹.

Passons maintenant à l'examen neurologique dont les signes, sans parler de la sensibilité générale, de la sensibilité propre superficielle de la peau, de la sensibilité profonde, etc., se mesurent surtout par l'intensité des réflexes. Pour cela, on frappe avec un petit marteau garni de caoutchouc sur les points choisis, tels que les bords inférieurs de la rotule, l'épitrôchlée du coude, etc., un

1. Nous donnons ces précisions et ces chiffres pour bien montrer avec quel soin sont triés les candidats pilotes de l'aviation commerciale; ils sont à la fois suggestifs et pleins d'enseignements.



PHOTOGRAPHIES DES DÉTAILS D'INSTALLATION DU
A L'AÉROPORT

Au milieu nous voyons l'intérieur du caisson pendant un examen de pilotes aviateurs. Remarquons tout d'abord l'épaisseur des parois du caisson, en bois, entourées de plusieurs chemises de matières calorifuges; des hublots garnis de doubles vitres permettent de voir se qui ce passe à l'intérieur; une toile au plafond répartit le courant d'air froid.

Les sujets en expérience ont tous un masque respiratoire relié à une bouteille d'oxygène comprimé pour remédier à la pénurie de ce gaz dans une atmosphère raréfiée.

Un des pilotes est couché, muni d'un appareil de mesure de l'amplitude des mouvements respiratoires; celui qui est assis est nanti d'un sphygmomètre pour la mesure de la pression sanguine, enfin le troisième devant un



CAISSON D'ÉPREUVES POUR L'ÉTUDE DES HAUTES ALTITUDES
DE BOURGET.

tablette fait mouvoir l'ergographe qui donne la mesure de la fatigue résultant du travail musculaire aux diverses altitudes.

A gauche, en haut, un candidat manœuvre la clef de Morse de l'appareil enregistreur des diverses réactions réflexes ou psycho-motrices, en bas sont les cylindres enregistreurs de ces mêmes réactions.

A droite sont les organes qui commandent les variations de milieu dans le caisson — extérieurement à celui-ci — on remarque les vannes de commande du vide (montée) de la rentrée d'air (descente) qui doit se faire très lentement surtout la dépression (montée). On remarque aussi sur ce tableau la vanne du frigorigère (température) et les divers enregistreurs.

choc doit amener des contractions normales des muscles, ni trop accentuées (exagération des réflexes) ni trop atténuées (diminution ou disparition des réflexes).

Mais nous arrivons ici à l'étude de l'instrument pratique que nous avons inventé pour l'étude de la rapidité des impressions et de la réaction qu'elles provoquent chez un sujet, qu'on appelle le réflexomètre Christoffeau.

Il se compose de deux équipages électriques, l'un fixe, l'autre mobile, dont un se meut à la vitesse d'un tour par seconde et parcourt pendant ce temps-là les 100 divisions du cadran qui, par conséquent, valent chacune un centième de seconde.

Quand l'examineur provoque une excitation quelconque, par exemple en tirant un coup de pistolet, l'aiguille se met en route automatiquement par suite du passage du courant électrique de l'équipage fixe dans l'équipage mobile et lorsque le candidat, ayant reçu l'impression, frappe du poing sur une clé de Morse à sa portée, l'aiguille s'arrête brusquement en face de la division dont le chiffre représente en centièmes de seconde le temps qui s'est écoulé depuis que l'examineur a déclenché la réaction.

Voici quelques chiffres du temps normal que mettent les perceptions à arriver au cerveau du sujet et à provoquer une réaction : 19,6 centièmes de seconde pour les impressions visuelles, 14,7 centièmes de seconde pour les auditives et 15 centièmes pour les tactiles.

Nous ne parlerons pas des appareils qui sont mis en branle pour déclencher ces impressions, ils varient à l'infini; disons seulement qu'on a pris des précautions pour éviter toutes causes d'erreur.

Le même appareil sert à apprécier le sens de l'équilibre en faisant asseoir le sujet sur un fauteuil à bascule et en mettant entre ses mains un levier tout pareil à un manche à balai d'aéroplane et qui sert à remettre le fauteuil à l'horizontale. On apprécie le temps qu'a mis le candidat pour s'apercevoir de son déséquilibre et pour le corriger; mais ce n'est pas tout : ces examens différents se passent à la surface du sol, c'est-à-dire dans un air immobile à pression constante, sans les causes terriblement perturbatrices que sont le froid, le vent, le bruit déchaîné des moteurs qui règnent à bord de l'avion en vol.

Pour faire subir le même examen dans des conditions qui se rapprochent de la réalité, lesquelles (pour les pilotes de chasse en particulier, se trouvent à quelque 6 ou 7 000 mètres de hauteur, au minimum), il a fallu créer de toutes pièces un outillage spécial; c'est le caisson pneumatique du Dr Garsaux. On comprend en effet que tel organisme capable de supporter toutes les épreuves imposées au niveau du sol et dans le calme d'un laboratoire, donnerait de toutes autres réactions, dans les conditions que nous avons énumérées plus haut, à toute altitude.

Le Dr Garsaux, médecin-chef de l'Aéroport du Bourget a donc installé une sorte de grand tonneau étanche dans lequel on peut faire varier la température et la pression pour les rendre tout à fait semblables à celles que l'on trouverait à 2, 3, 4, 5, 6, 10 000 mètres du sol et plus.

Cet instrument, ainsi qu'on peut le voir sur nos photographies, est une sorte de cylindre couché, horizontal, dont un des côtés s'ouvre pour permettre l'introduction du sujet et des instruments, les autres portant des hublots qui

permettent de rester constamment en communication avec l'intérieur, car n'oublions pas que si le téléphone fonctionne à pression normale, il cesse bientôt, dès que l'air raréfié ne transmet plus les vibrations, de communiquer la parole; il ne reste plus donc à ce moment-là que la ressource des signes lumineux quelconques que le pilote à l'essai, dans son cylindre, peut faire aux gens du dehors.

Dans un coin du caisson se trouvent des réservoirs d'oxygène munis d'un tube flexible et d'un masque; les sujets en expérience se l'appliqueront sur le visage sitôt que, la pression diminuant, ils sentiront les premiers effets du mal des montagnes.

Au-dessus des têtes, une toile percée de trous assure la répartition de l'air froid, car pour rendre les conditions semblables à celles d'un vol à haute altitude, il a fallu remplacer l'air pompé par les ventilateurs par un air refroidi par son passage à travers un frigorigère.

Tout cela est fort bien mais présente un certain danger, non point au moment où l'on comprime l'air dans le caisson, mais bien à celui où on fait le vide car, suivant le dicton pittoresque des ouvriers qui travaillent dans les cloches à plonger, « *on ne paie qu'en sortant*, » c'est-à-dire au moment de la décompression, c'est-à-dire que la montée est toujours plus dangereuse que la descente.

Pour parer à toutes causes d'accidents, il a été prévu divers appareils de sécurité dont un téléphone reliant l'intérieur du caisson avec le laboratoire. Mais, comme nous l'avons expliqué, ce téléphone ne fonctionne plus au-dessus de 5 000 mètres, car la rareté de l'air ne transmet plus les vibrations.

A partir de cette hauteur, ou plutôt de la dépression correspondant à cette hauteur, le pilote, dans son caisson, communique avec l'extérieur à l'aide de phrases écrites qu'il présente au devant des hublots et qui sont ainsi lisibles de l'extérieur; enfin, un tableau lumineux de signalisations comporte une douzaine de lampes de couleurs différentes, dont la combinaison, suivant un code établi à l'avance, permet de demander une manœuvre désignée comme par exemple la montée, la descente, l'arrêt, plus vite, plus lentement, alerte, etc.

Quant aux appareils de contrôle, ils sont absolument analogues à ceux que l'on trouve à bord pour inscrire l'altitude, c'est-à-dire : barographe ou altimètre qui sont complétés par un baromètre ordinaire à mercure dont la colonne se meut devant une échelle où sont inscrites les altitudes des principales montagnes du monde pour terme de comparaison. Une autre série d'instruments, et non des moins intéressants, ont pu être installés dans le caisson pour donner des indications précises sur l'influence de l'altitude élevée sur le fonctionnement des divers organes du corps humain. Des sphymomètres marquent la tension artérielle, des spiromètres indiquent les variations de la respiration, etc. On voit installé dans le caisson un électro-cardiographe dont les instructions iront s'inscrire sur un cylindre dans le laboratoire voisin et qui renseignera à tout instant les examinateurs sur la façon dont le cœur du pilote, dans le caisson pneumatique, réagit à la variation des pressions. Ce luxe de précautions n'est pas inutile car tous les jours, de plus en plus, on confie au pilote des grandes lignes aériennes internationales plus de vies humaines, plus de fret précieux et il est indispensable de surveiller étroitement le bon fonctionnement du moteur humain qui est la partie noble de l'ensemble.

L'ÉDUCATION D'UN PILOTE-AVIATEUR

NOUS avons passé en revue dans un chapitre précédent quelques-uns des appareils les plus connus de l'aviation commerciale; nous en rencontrerons d'autres au cours des chapitres suivants, il est donc temps de dire un mot sur la façon dont s'éduquent les gens destinés à conduire les engins, tant civils que militaires. Voici ce que nous dit à ce sujet, Charles Nungesser, un des héros de la dernière guerre et qui a fondé une école d'aviation à Orly, près de Paris :

« Il n'y a pas si longtemps dit Nungesser que l'élève pilote était installé sur un vieux « zinc » branlant et, muni de recommandations succinctes : « Pour monter, tu donnes toute « la sauce » et tu tires sur le « manche, » si tu penches vas-y d'un bon coup de « palonnier » et donne le *gauchissement* opposé. » Avec ce viatique et beaucoup de chance, on cassait seulement du bois. Un peu

plus tard, avec les écoles militaires d'aviation, est arrivé le triomphe de la « double commande, » qui a été certes un progrès, mais qui, comme tous les progrès, risque de devenir une routine, mère de tous les errements, surtout quand ce moyen d'instruction est employé seul ou abusivement.

« Ma méthode éducatrice tient toute en ce postulat : pour faire un bon pilote, il faut développer ses qualités, cultiver sa personnalité physique et surtout morale, ne pas trop compter (hors l'éducation purement technique) sur l'efficacité du seul enseignement, mais bien sur la force de la discipline morale individuelle et la puissance de l'exemple. Je ne me lasserai pas de répéter que le grand ennemi de l'élève aviateur est la facilité : c'est une doctrine fausse qui prétend que la première chose à faire est de lancer l'aviateur dans les airs, coûte que coûte et le plus promptement



Photo 1501.

LE CAPITAINE NUNGESSER UN DES PLUS
FAMEUX AVIATEURS DE CHASSE DE LA
GUERRE.

possible, quitte à le perfectionner ensuite; c'est ce que j'appelle l'hérésie du vol facile, le leurre du résultat immédiat. L'élève a beau tirer tout le parti possible de son engin démodé, même passer brillamment ses épreuves du brevet militaire, voire faire d'impressionnants loopings, il sera fâcheusement handicapé lors de son passage sur un appareil moderne, délicat, rapide et nerveux.

« Partant d'un principe tout différent, avant de m'attacher à faire voler un

sujet quelconque, d'une manière quelconque, sur un appareil facile (ce qui est toujours possible, je m'efforce de sélectionner mes élèves, de développer leurs qualités morales : courage, sang-froid, audace raisonnée, volonté et maîtrise de soi, de faire naître et s'affirmer leur véritable tempérament aviatique et, ce résultat obtenu, d'en faire vraiment des aviateurs dignes de ce nom, même, dirais-je si je ne craignais le paradoxe, s'ils savent à peine voler; le reste, c'est-à-dire l'habileté physique, viendra tout naturellement, sans effort, grâce à un entraînement méthodique et progressif. Cela est si vrai que la plupart de mes élèves, loin de se *dégonfler* au cours de leur perfectionnement, de se rebuter devant le danger croissant, ont sans cesse besoin d'être rappelés à la prudence, que leur ardeur doit être tempérée et qu'il nous arrive souvent d'être obligés de sévir pour les empêcher de donner libre cours à leur généreux enthousiasme. »

« Avant de passer au détail de l'apprentissage de mes élèves, voici quelle est la base de ma méthode pédagogique. »

« Mettre d'emblée, aussitôt dégrossi, l'élève sur appareil rapide et nerveux, analogue à celui qu'il devra piloter plus tard, à l'exclusion de tous les types démodés. Le livrer aussitôt que possible à sa propre initiative, c'est-à-dire réduire à son minimum, le temps de vol en double commande; faire résider la gradation nécessaire à tout exercice pédagogique dans la qualité des appareils-école successifs en les rendant de plus en plus délicats et rapides, c'est-à-dire, en diminuant progressivement la surface portante et en augmentant la puissance du moteur; achever l'entraînement sur appareil de guerre à moteur fixe (ce qui d'ailleurs est devenu réglementaire récemment).

« S'efforcer enfin surtout, ainsi que je l'ai exposé, à développer les qualités physiques et morales qui font le bon aviateur, par une ferme discipline morale et par la vertu de l'exemple quotidien. »



Photo Rol.

LES HANGARS STANDART EN TOLE ONDULÉE
MODÈLE DES ARMÉES ALLIÉES A L'ÉCOLE D'ORLY.



Photo Rol.

L'ENTRÉE DE L'ÉCOLE D'AVIATION D'ORLY (PRÈS PARIS).

« Et les résultats sont là qui plaident en faveur de mes principes. Il y a eu des sessions d'instruction pour lesquelles le rendement a été de 100 p. 100 en pilotes brevetés militaires, des élèves confiés à mes soins cinq mois auparavant, et cela sans un accident, sans une radiation; je sais bien que de tels résultats



Photo Rol.

MAISONNETTE TRANSPORTABLE VOISIN.

sont trop beaux pour être constants, que beaucoup de facteurs interviennent, extrêmement variables, tant dans la valeur du recrutement que par le fait de contingences; mais de ce qu'un pareil rendement a pu être atteint, il en reste une preuve d'excellence de la doctrine, d'efficacité certaine de la méthode.

« L'école est située à Orly sur l'emplacement d'un ancien camp américain d'aviation à 9 kilo-

mètres de Paris, sur la route de Fontainebleau. Je ne m'attarderai pas à la description de l'installation, qui comporte six grands hangars standard pouvant loger une centaine d'appareils, non plus que sur les habitations des élèves, de la Direction, de ses services et des six coquettes maisons Voisin destinées à l'État-Major. L'école comporte en outre des terrains de sport : tennis, football, etc. C'est dans ce cadre que, du lever du soleil à la nuit, la journée s'écoule pour les élèves, qui ne le quittent que pendant de rares permissions. La journée est bien remplie. On remarquera que les heures de vol sont distribuées le matin et le soir, moments les plus favorables en été, pour les exercices de vol. Le reste du temps, abstraction faite des heures consacrées aux repas, à la sieste, — rendue nécessaire par la longueur de la journée — du lever au coucher du soleil, — est employé aux cours et conférences, aux exercices pratiques, démonstrations au point fixe, etc., sans oublier la culture physique et les sports. »

« Voyons maintenant comment se déroule l'apprentissage aviatique proprement dit : le jour même de son arrivée, le futur pilote, après s'être vu assi-



Photo Rol.

LA LEÇON DU PILOTE-MONITEUR.

gner sa place dans la chambrée et son rang dans les équipes et dans les classes, est aussitôt emmené en avion biplace par un moniteur et fait un premier tour dans son nouvel élément : c'est ce qu'on appelle le baptême de l'air. » « Les exercices s'enchaînent ensuite dans l'ordre suivant : Après une initiation au point fixe (c'est-à-dire l'appareil dûment attaché), qui familiarise le néophyte avec la manœuvre des contacts et des manettes de son moteur, commence l'emploi du rouleur double commande, l'élève étant accompagné d'un moniteur, à bord d'un appareil dont le plan inférieur est détoilé et le moteur réduit de puissance, ce qui l'empêche de s'envoler; aussitôt après, le débutant embarqué seul, sur un rouleur monoplace



Photo Rol.

HANGARS STANDART, MAISONNETTE VOISIN
ET ANTENNE T. S. F.

est abandonné à lui-même : c'est l'époque bénie entre toutes des *chevaux de bois*, des *pirouettes*, des *cabrioles* et *capotages variés*. »

« Quand il est rompu à cet exercice, on l'embarque sur un biplace double commande en compagnie d'un moniteur et c'est le décollage avec toutes ses émotions. Cette période utile, indispensable même, deviendrait vite stérile; aussi notre jeune homme est bientôt *lâché* en monoplace. »

« C'est vraiment le moment émouvant de l'apprentissage que ces *lâchés*! Aussi, avec quel soin minutieux sont-ils préparés! Rien n'est laissé au hasard : le jour, l'heure même sont choisis avec soin, l'état de l'appareil sévèrement contrôlé et celui de l'élève lui-même étudié à fond. Si les circonstances sont

optima, on lance le jeune homme seul à bord dans son nouvel élément; sinon on remet à plus tard, et l'on recommence l'entraînement. »

« Viennent ensuite les vols individuels, avec des appareils de plus en plus délicats et puissants, jusqu'au moment où l'élève, enfin maître de ses moyens, est mis à bord d'un avion de chasse rapide (analogue à ceux en service dans les escadrilles de l'armée,



Photo Rol.

MAGASINS, HANGARS ET ENTRÉE DE LA PISTE
DE L'ÉCOLE D'ORLY.

muni, cette fois, non plus d'un rotatif, mais d'un moteur fixe) et commence l'exécution des épreuves de son brevet militaire. Celles-ci comportent des épreuves de piste (montées, atterrissages, huit à gauche, à droite, etc.), puis des voyages en ligne droite et enfin, en manière de couronnement, un grand



Photo Rol.

DORTOIRS DES ÉLÈVES-PILOTES.

voyage en triangle de quelques centaines de kilomètres de développement avec une heure de parcours à 2 000 mètres d'altitude et une montée à 4 000 mètres, le tout rigoureusement contrôlé par l'officier aviateur détaché à l'école par le ministre de la Guerre ».

« Voici, succinctement exposé, comment je forme, de corps et d'âme, comment j'instruis dans mon art, fruit de la plus terrible des expériences, ceux qui, au jour du danger, auront

l'honneur de défendre notre ciel et de promener au zénith l'éclat de notre immortelle cocarde tricolore! »

Nous venons de voir comment on enseigne aux jeunes pilotes, futurs aviateurs militaires, l'essentiel de leur métier, plus loin nous étudierons l'art de choisir les sujets susceptibles de devenir de bons pilotes, c'est-à-dire pourvus des qualités morales et physiques nécessaires à l'exercice de leur dure profession.

Puisque ces lignes sont destinées à être lues par nombre de jeunes gens que la vocation aviatique pourrait appeler il n'est peut-être pas inutile de donner quelques indications sur le recrutement des pilotes et les situations qui leur sont offertes dans la vie civile.

Voici quelle est présentement, la voie à suivre :

Quand un jeune homme, dans l'année qui précède son tirage au sort se sent des dispositions pour l'aéronautique et du goût pour la rude vie du pilote militaire, il doit, tout d'abord, un an avant l'appel de sa classe, faire une demande au ministre de la Guerre (11^e bureau, quai de la Rapée, Paris), dans laquelle il donne toutes indications utiles d'âge, de pro-



Photo Rol.

LA LEÇON SUR LE TERRAIN AVANT L'ENVOI.

fession, d'instruction de recrutement, et à laquelle il joint une autorisation de ses père, mère ou tuteur, ainsi qu'un extrait de son casier judiciaire.

La demande est classée à la suite, et si toutes les conditions réglementaires sont remplies, le candidat est convoqué pour subir l'examen d'aptitude physique, qui, à Paris, se passe au Val-de-Grâce. Nous n'entrerons pas dans le détail des épreuves qui portent d'abord sur l'aptitude militaire ordinaire et puis ensuite sur les organes des sens, principalement sur l'oreille (sens de l'équilibre) et les yeux. On termine par une étude attentive des réflexes et de l'émotivité du sujet — par les méthodes que nous indiquerons dans un autre chapitre.

Lorsque le conscrit est reçu à ce premier examen, il doit en subir un autre, portant cette fois sur l'instruction générale, comportant des épreuves sur les principales matières de l'enseignement primaire. Bien entendu, les candidats pourvus de diplômes ou de grades universitaires sont dispensés de cet examen préliminaire.

Les élèves classés par ordre d'aptitude sont ensuite envoyés, dans la mesure des places disponibles, dans les Écoles d'aviation, telle que celle d'Orly, et reçoivent une petite indemnité mensuelle. Quand leur instruction est finie, ils sont titulaires du brevet militaire de pilote aviateur, et à l'incorporation, sont versés dans les différentes unités d'aviation, en qualité de sapeur pilote aviateur. Les uns, particulièrement doués, et qui ont obtenu des notes optima

sont versés dans les escadrilles de chasse et vont, à Istres, sur les bords de l'Étang de Berre, compléter leur instruction, après quoi ils sont dirigés sur un centre spécial où ils apprendront l'acrobatie aérienne.

Cet ultime perfectionnement acquis, les pilotes militaires, sont enfin versés dans une escadrille d'un groupe de chasse, aux armées ou à l'intérieur, où ils soutiennent leur entraînement.



Photo Rol.

CHARGEMENT D'UN AVION COMMERCIAL.

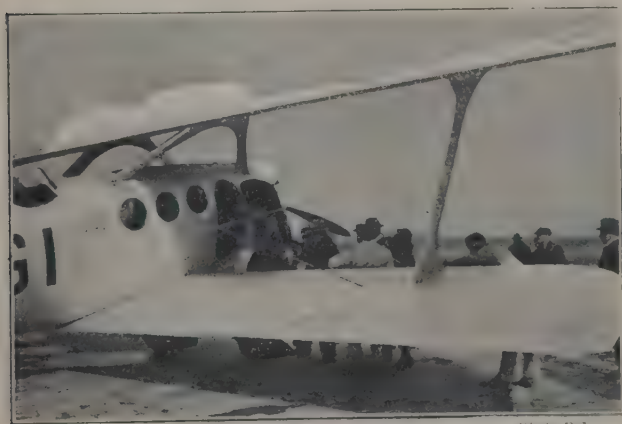


Photo Rol.

BERLINE SPAD EN PARTANCE POUR VARSOVIE.



LE GRAND QUADRIMOTEUR MILITAIRE DE 1 600 CV.

Les moteurs sont disposés 2 à 2 dans 2 petites carlingues situées de part et d'autre du fuselage central.

LE PLUS GRAND RÉSEAU AÉRIEN DU MONDE

RIEN ne marque mieux le changement des habitudes et des mœurs depuis la guerre; rien n'est plus caractéristique de l'importance toujours plus grande de la science dans la vie quotidienne, que le succès et l'état florissant des lignes d'aviation commerciale. Si nous prenons pour exemple de ce rapide développement les lignes Latécoère, c'est parce qu'on n'en saurait trouver de plus typique et de plus brillant.

Je me souviens encore (c'était hier, semble-t-il) du début de la ligne Toulouse-Casablanca, au lendemain de l'armistice, et lorsque, en juin 1919, je causais, à Montaudran, ou bien encore sur le Port Saint-Sauveur, des possibilités de l'avenir, avec le chef-pilote de la ligne naissante, à Toulouse, je ne croyais pas, je dois le dire, à un aussi foudroyant succès. Certes, je pensais bien qu'un jour viendrait où les cieux seraient grands ouverts aux hommes, mais je ne croyais pas ce jour si proche, malgré tout mon désir et les efforts que depuis longtemps je consacrais à l'aviation. Il me souvient même qu'un jour, sur cet archaïque port Saint-Sauveur, qui date du vieux Riquet, et où l'on s'étonnait de voir s'aligner sur les quais antiques les grandes caisses d'avions que l'on chargeait sur les bateaux, je dis à mon ami le chef-pilote de Latécoère : « Vois combien est lente l'évolution des œuvres humaines; pour elles le temps ne se mesure pas en années, mais en générations d'hommes; vois ce vieux canal, et ce port, et ces entrepôts, et le sommeil qui semble peser sur ce vieux décor; pourtant bien des possibilités de développement se sont présentées au cours des siècles et qui ont avorté; peut-être le vieux canal de Louis XIV attend-il de la traction électrique ou de quelque autre progrès, son réveil et une nouvelle jeunesse! » Et mon ami de répondre : « Oui, autrefois, le progrès était lent, la vie marchait à la cadence de ces bateaux que tu vois trainés par un attelage

somnolent, mais il n'en est plus ainsi; le surhomme que nous devenons dompte la matière, maîtrise l'espace, et le temps se mesure pour lui par dixièmes de seconde; le progrès humain est lancé à une allure de vertige, et notre cité toulousaine si pleine de passé, avec son antique renommée de capitale intellectuelle, un peu dédaigneuse des nouveautés matérielles, cette vieille ville des Parlements,

LIGNES AÉRIENNES LATÉCOÈRE

LIGNE FRANCE-DAKAR-BUENOS-AYRES. 12.400 KLM

d° CASABLANCA-FEZ-ORAN.....755 KLM
d° ALICANTE-ORAN.....305 KLM
d° ALICANTE-ALGER.....480 KLM

Le trajet total FRANCE-BUENOS-AYRES comporte 12.400 kilomètres environ. Actuellement la section DAKAR-NATAL s'effectue au moyen de vapeurs et le voyage dure en tout 9 jours 1/2 au lieu de 21.



Cette carte représente la ligne la plus longue qu'une Compagnie de transports aériens ait à ce jour mise en service. La trajectoire purement maritime de Dakar à Natal s'effectuera prochainement à l'aide de puissants hydravions remplaçant les rapides paquebots à turbine du début de l'exploitation. Un des premiers événements qui attirent l'attention du grand public sur la 1^{re} section de cette ligne Latécoère a été le

voyage du Ministre de la Guerre de France, M. Painlevé, se rendant en vingt-quatre heures de Paris à Rabat (Maroc), le 10 juin 1925 (dont presque dix heures employées à gagner Toulouse par voie ferrée), où sa présence était urgente.

Une pareille rapidité de déplacement dans une direction presque méridienne met le voyageur en un temps extrêmement bref, en présence de tous les climats terrestres. Partant de Paris en été par exemple, il voit progressivement la chaleur augmenter puis diminuer pour tomber en quelques jours, au terme du voyage au cœur de l'hiver austral, à Buenos-Ayres. En une semaine environ, si le voyageur est parti de Paris, il a pu voir se succéder le printemps, l'été, l'automne, et le début de l'hiver.

des Académies et des Universités va devenir d'un seul coup un des plus grands ports aériens du monde, tête de ligne vers l'Afrique du Nord et l'Amérique du Sud! »

Ces jours dont parlait mon ami sont arrivés, et ce n'est pas sans émotions qu'en cette fin de l'an 1925 je consigne ici le foudroyant succès de cette entreprise, aux premiers pas de laquelle j'assistais alors, plein de foi, certes, et même d'enthousiasme, mais non sans quelque secrète appréhension, sans quelque timidité, et même peut-être un regret informulé et caché au fond de moi-même, le regret de toute cette vieille poésie toulousaine, de toute cette vieille intimité provinciale qui allait être balayée à jamais par le souffle formidable des moteurs de 500 chevaux, traversant mon ciel natal, à leur allure de vertige, mon vieux ciel où ma jeunesse ivre de sa première vie, ne voyait évoluer que des hirondelles et des escadres de pigeons blancs, si blancs, dans l'azur méridional! Mon vieux ciel, où chantaient si allégrement les cloches de Pâques dans les crépuscules du printemps, et les concerts des animaux chanteurs, dans les délices des nuits d'été!

« *Alea jacta est!* » Cet avenir que nous avons rêvé de nos cerveaux, façonné de nos mains, édifié à plein cœur, est là qui nous pousse inexorablement, à grande vitesse échevelée, vers l'abîme des jours prochains, vers l'inconnu de la minute suivante, et bouscule à grands souffles précipités tout notre moi d'hier! Et le destin veut qu'après avoir travaillé partout et poursuivi ma chimère à travers le monde, ce soit ici, dans la ville quiète de mes jeunes années, près du vieux Lycée où j'étudiai et des Facultés où j'engageai mon premier combat contre les forces contraires, que j'assiste au premier grand triomphe de cette aviation tant aimée qui va bousculer les vieilles normes, araser l'antique décor, et pétrir à ma Ville et au Monde, une face nouvelle!

Maintenant que nous nous sommes abandonnés un instant à la mélancolie qui nous saisit devant la poésie des choses finissantes, laissons là rêves et regrets, et avec l'âpreté, la concision et la netteté de l'homme moderne, froid et précis, notons des faits, citons des chiffres.

Le 7 septembre 1918, M. P. Latécoère, le constructeur d'avions bien connu, présenta au gouvernement français le projet de ligne aérienne entre la France, le Maroc, le Sénégal et l'Amérique du Sud. C'est le 25 décembre 1918 que fut inauguré le tronçon Toulouse-Barcelone; le 9 mars 1919 l'ensemble de la liaison aérienne France-Maroc était inaugurée et le service régulier commençait le 1^{er} septembre 1919.

Selon la pensée de M. Latécoère, le trafic aérien demande ses principales ressources au fret postal, celui-ci en effet, bien plus rémunérateur et plus régulier que le transport des personnes, permet à une entreprise de vivre sans les subsides de l'État, uniquement par ses seules ressources. Le gain de temps est en effet considérable, et bien que les lettres soient surtaxées, la rapidité de leur transport, assure le succès de l'entreprise; une lettre empruntant la voie maritime met de quatre à six jours en été, et de six à dix jours en hiver, tandis qu'un pli transporté par les lignes Latécoère ne mettra (y compris le trajet en chemin de fer jusqu'à Toulouse) que trente-six heures en été et deux jours en hiver. Dans des conditions favorables, une lettre déposée à Paris avant dix-sept heures arrivera le lendemain soir au Maroc.

Nous venons d'avoir de cette célérité un exemple fameux, et significatif, à tous égards. Les affaires marocaines s'étant subitement aggravées, sous les attaques du fameux Abd-el-Krim, vainqueur des Espagnols, le ministre de



Photo Flandrin.

UNE VUE AÉRIENNE DE TOULOUSE.

Dès le départ des avions des lignes Latécoère, voici l'illustre cité de Clémence Isaure qui, la première, dessine sur le sol la silhouette de ses monuments fameux.

la Guerre, M. Painlevé, décida d'aller juger sur place de la situation: Il partit donc un soir de Paris vers 7 heures par la gare d'Orsay, et le lendemain, au jour levant s'embarquait, à Montaudran, près de Toulouse, à bord d'un avion Latécoère qui le déposait (après escales à Barcelone, Alicante et Malaga), à Rabat, près du Maréchal Lyautey, résident de France, vingt-quatre heures environ après son départ de Paris. Le retour s'effectua à la même allure.

Exemple significatif, disions-nous plus haut! Certes, et non seulement au point de vue de la sûreté et de la rapidité des communications, mais encore symptomatique de la perfection de l'organisation de ces lignes et de la grandeur des moyens mis en œuvre; sur un simple coup de téléphone, en effet, l'administration des lignes Latécoère mit à la disposition du Président du Conseil, pour lui et sa suite, cinq avions neufs ou revisés avec les pilotes et les mécaniciens conducteurs, avec tout le train nécessaire, sans parler, aux escales, de tous appareils, pièces de rechange et personnel navigant pouvant être utiles à certains moments et en certaines circonstances.

Cela indique une maturité d'organisation, une puissance de moyens qui, dans tout autre cas, surprendrait dans une entreprise aussi jeune. Il faut dire d'ailleurs que la prospérité matérielle de la ligne Toulouse-Casablanca est constante ainsi que le démontre le petit tableau suivant, qui se rapporte uniquement

au trafic postal sans tenir compte ni des messageries ni des passagers qui pourtant sont loin d'être quantité négligeable.

1919.	9 124 lettres.
1920.	182 061 —
1921.	327 805 —
1922.	1 407 352 —
1923.	2 958 863 —
1924.	4 026 893 —

D'ailleurs, il faut dire que cette première ligne marocaine est complétée par la ligne Oran-Casablanca qui date de 1922; en 1923 est créée la ligne Barcelone-Alger par Palma (île de Majorque dans les Baléares); en 1924 la ligne d'hydravions bi-moteurs 150 CV unit Alicante à Oran, et en juillet 1923 création du service régulier Marseille-Perpignan. Dès 1923, la partie de ce réseau ouverte au service public avait été parcourue par des avions ayant effectué 1 688 950 kilomètres, transporté 2 867 passagers, échangé 137 670 kilogrammes de messageries et acheminé 2 958 863 plis postaux. Depuis, ces chiffres ont triplé et, dans certains cas, augmenté bien davantage encore.

Mais le grand œuvre de Latécoère c'est la liaison France-Amérique, en cours de réalisation, et dont la partie continentale (c'est-à-dire qui se développe uniquement au-dessus des terres, par opposition à la partie maritime du trajet) est pour la plus grande partie inaugurée.



Photo Flandrin.

RABAT VUE D'UN AVION LATÉCOÈRE.

La première escale au Maroc français des lignes Latécoère.

*Photo Flandrin.*

AUTRE VUE DE RABAT, QUI GRACE AUX EFFORTS CONSTANTS DE TANT DE BONS FRANÇAIS
SE DÉVELOPPE AVEC UNE ÉTONNANTE RAPIDITÉ.

M. Latécoère mettant, comme nous l'avons déjà dit, le meilleur de son espoir dans les transports postaux, il était évident qu'il devait un jour ou l'autre prolonger ses lignes vers des pays neufs puisqu'il transportait déjà les $\frac{2}{3}$ des plis du Maroc, avec 350 000 lettres par mois pour 60 000 Européens seulement résidant en ce pays, ce qui limitait les possibilités futures de développement. Or, l'Amérique latine est là, avec les 2 000 tonnes de lettres qui s'échangent annuellement sur ce parcours (tandis que la fameuse Malle des Indes ne transporte que 550 tonnes). Quant au commerce sur cette voie-là, il a dépassé, en 1921, 25 milliards de francs. C'est dire l'activité de cette voie commerciale sud-américaine, vers Rio-de-Janeiro et Buenos-Ayres; or elle n'est actuellement desservie que par des lignes maritimes régulières dont les paquebots mettent vingt et un jours à affectuer le parcours entre Buenos-Ayres et l'Europe occidentale (exception faite de la ligne de propagande italienne extra-rapide — mais irrégulière), M. Latécoère prévoit la réalisation de sa grande ligne en 2 étapes : la première qui est réalisée en grande partie, l'est au moyen de 2 tronçons aériens Toulouse-Dakar et Noroña-Buenos-Ayres, réunis par un trait d'union maritime à l'aide de vapeurs à grande vitesse sur la section Dakar-Noroña, réduisant la durée totale du parcours (12 000 kilomètres) à 9 jours environ. La deuxième étape de la réalisation ne comprendra que des transports purement aériens et mettra Buenos-Ayres à quatre jours de Paris.

On imagine la grandeur des moyens techniques et financiers à mettre en œuvre pour réaliser une œuvre de telle envergure; même avec un service bi hebdomadaire il faudra une flotte de 200 avions monomoteurs et de 40 hydravions multimoteurs, soit des trimoteurs de 750 CV portant 800 kilogrammes de charge postale à 130 kilomètres-heure pour les trajets de 600 kilomètres et au-dessous, soit des multimoteurs de 1 200 CV de même charge et même vitesse.

Quoi qu'il en soit de ces réalisations échelonnées et que l'on mette une semaine ou quatre jours pour aller de Paris à Buenos-Ayres, en 1926 ou en 1930, il me

paraît que jamais révolution semblable n'a troublé les rapports des hommes entre eux, et ne les a déracinés avec une telle violence.

Que l'on veuille bien y songer : nous voici à Toulouse, si vous voulez, par une de ces aubes de printemps, de ce printemps méridional si suave, mais encore trempé de rosée, tout mouillé de la fécondante humidité nocturne des latitudes tempérées, nous embarquons : en quelques minutes, les neiges du Mont-Perdu ou du Canigou, nous ramènent en hiver, quelques minutes encore, et à Barcelone, nous retombons, dans un printemps plus chaud, plus nerveux et plus sec; encore un peu de temps et l'été d'Alicante nous fait prévoir la canicule de Casablanca et la zone torride de Dakar.

C'est ensuite la navigation sous les tropiques dans le grand calme chaud équatorial! Abordé en Amérique, nous retrouvons les mêmes saisons en sens inverse; la même progression à rebours pour tomber en plein automne austral.

En une semaine nous aurons vécu toutes les saisons de l'année et goûté tous les climats de la Terre!

Et cela, quand on y réfléchit, est vraiment un accroissement de la vie humaine; cette plus grande étendue dans l'espace est, somme toute, comme un accroissement de la durée. En dernière analyse, en effet, l'intensité de la vie



Photo Flandrin.

CASABLANCA, QUI, JUSQU'À CES DERNIERS TEMPS, FUT LE POINT TERMINUS DE LA LIGNE
TOULOUSE-MAROC.

et même sa longueur se mesure à la quantité des sensations accumulées par un individu, et d'avoir vécu successivement le printemps, l'été, l'automne et l'hiver par suite de son déplacement terrestre et en dépit de la brièveté du voyage, c'est

un peu comme si l'on avait passé les saisons de toute une année, sans changer de place!

Et par là, nous rejoignons les spéculations d'Einstein, qui nie la réalité du Temps, et en fait une sorte de dimension, une espèce d'attribut de la matière, sans existence propre, sans réalité concrète!

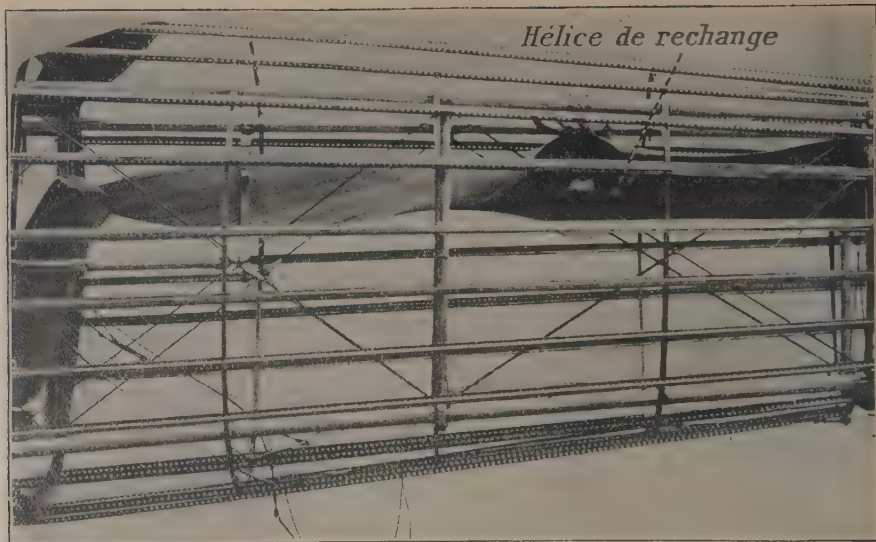
Ce qui fait que les plus extraordinaires conceptions d'un Wells, comme sa machine à remonter les siècles, ne paraît plus d'une aussi fantaisiste imagination! Qu'un mobile, en effet, puisse être projeté à une vitesse plus grande que celle de la lumière, il pourrait se lancer à la poursuite des vibrations émises autrefois, les rattraper dans leur course à travers les espaces stellaires, et s'il y avait des observateurs dans ce mobile, qui soient capables de capter ces vibrations errantes, rien ne s'opposerait, théoriquement, à ce qu'ils assistassent à la bataille de Waterloo ou à la mort de César!

Cela est si vrai, que lorsque nous possédons un moyen de fixer, d'immobiliser la trace de ces vibrations errantes, comme par exemple à l'aide de la photographie, du cinématographe et du phonographe, il nous est loisible ensuite, des heures, des années, des siècles, après les événements dont nous avons ainsi arrêté dans leur course les ondes qu'ils ont produites et lancées dans l'éther, de reproduire ces mêmes événements!

Et si un homme, monté sur un avion marchant à l'allure de 40 000 kilomètres par vingt-quatre heures, prenait son essor, dans la zone équatoriale de la terre en marchant toujours vers l'est, cet homme vivrait éternellement le même jour, à la même heure, à la même minute solaire, tandis que ses semblables, attachés au sol, vieilliraient à la cadence ordinaire continuant d'accumuler les heures, les jours et les années!



AVION POSTAL MONOMOTEUR 300 CV, QUI PREND LE COURRIER AINSI QUE 2 OU 4 VOYAGEURS, EN TOUT 750 KILOGRAMMES DE CHARGE COMMERCIALE.



LE RAID PARIS-TOKIO PAR PELLETIER D'OISY NE COMPORTAIT PAS D'ORGANISATION A TERRE NI DE RAVITAILLEMENT EN COURS DE ROUTE EN DEHORS DE L'HUILE, L'ESSENCE, L'EAU ET LES VIVRES; C'EST POURQUOI LES AVIATEURS S'ÉTAIENT INGÉNIÉS A CASER SUR LEUR AVION 800 KILOGRAMMES DE PIÈCES DÉTACHÉES DE RECHANGE, TELLES L'HÉLICE QUE L'ON VOIT ICI ARRIMÉE DANS LE FUSELAGE.

LES PLUS BELLES PAGES DE L'AVIATION

A PRÈS avoir suivi, dans un précédent chapitre, le développement, d'une si surprenante rapidité des communications commerciales aériennes en prenant pour exemple le plus fameux et le plus étendu des réseaux actuels, le Réseau Latécoère, nous devons dire un mot des raids collectifs ou individuels, qui ont, ces tout derniers temps, sillonné la face de notre vieux monde, et plongé tant de populations dans l'admiration, sans oublier les grands records mondiaux qui, aujourd'hui sont tous en France.

Un des plus fameux est certes le raid de l'escadrille américaine qui a bouclé un tour complet de notre planète, mais, s'il fait grand honneur aux pilotes Yankees, il n'en a pas moins été une immense entreprise nationale, préparée, lancée et exécutée à coups de millions de dollars, avec un tel luxe d'organisation qu'il devient difficile de démêler dans ce remarquable exploit, la part de gloire qui revient en toute équité et respectivement aux appareils, aux pilotes, aux organisateurs, aux dollars.

Tout autre est la méthode latine, la nôtre et celle de nos amis d'Italie : moins d'organisation, plus d'aventure et plus d'aléa, certes, mais en retour quelle pure gloire, individuelle, nominale, précise et si bien gagnée, si loyale!

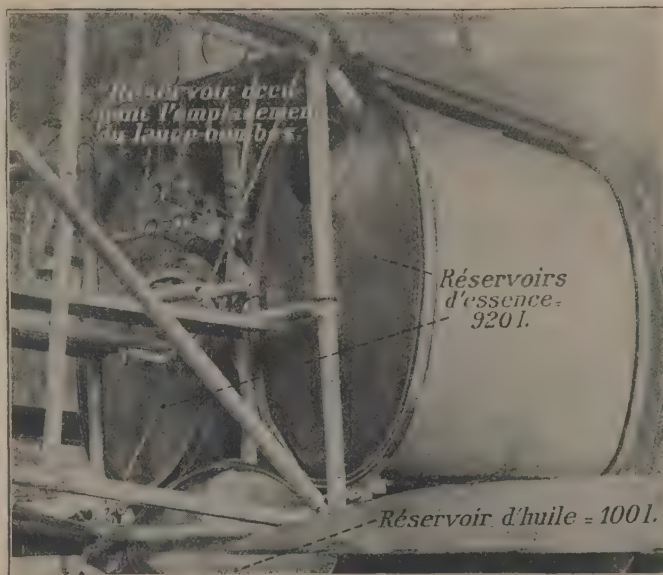
La place nous manque pour louer comme il faut la randonnée de notre Pelletier d'Oisy, pour le suivre pas à pas sur sa route de péril et de gloire; d'ailleurs les quotidiens ont donné, jour par jour le récit des étapes, mais ce qu'il est difficile de passer sous silence, avec le courage et le brio du pilote, c'est l'ingé-

niosité qui a présidé à l'aménagement de l'avion. Le mécanicien Besin qui est, dans sa partie, un homme aussi remarquable que son pilote dans la sienne, avait présidé à cette organisation; la contenance des réservoirs d'essence avaient été portée à presque un mètre cube, 100 litres d'huile assuraient la lubrification du moteur; la carlingue était bourrée de toutes les pièces de rechange nécessaires, y compris une hélice, sans parler de l'outillage indispensable; des trésors d'ingéniosité avaient été dépensés dans l'arrimage de ces 800 kilogrammes de bagage, et lorsque, un beau matin, le Bréguet prit son essor, de Villacoublay, il emportait avec lui de quoi parer par les moyens du bord, aux inévitables réparations que rendraient nécessaires la longueur et la difficulté de la route.

Ainsi muni, Pelletier d'Oisy s'élança vers Tokio; c'était l'Europe et l'Asie à traverser; rien n'était préparé nulle part pour le recevoir. En dehors de l'huile et de l'essence que l'on trouverait aux points d'escale (généralement des camps d'aviation amis ou alliés) rien n'avait été envoyé pour ravitailler le grand voyageur: il ne devait absolument compter que sur lui-même. Ces dures conditions avaient été acceptées par Pelletier d'Oisy et l'aviation militaire dans le but bien défini de donner une preuve de la valeur du pilote, sans doute, mais

aussi de l'endurance des appareils, avion et moteur.

Et cette preuve a été très nettement établie si l'on veut bien songer au formidable effort qui a été demandé à ces appareils et dans quelles dures conditions; ce sont au départ de Villacoublay, avant même d'avoir quitté la France des heures épuisantes, à travers les orages et



LES RÉSERVOIRS DU BRÉGUET DE PELLETIER D'OISY TENAIENT TOUT PRÈS D'UN MÈTRE CUBE D'ESSENCE.



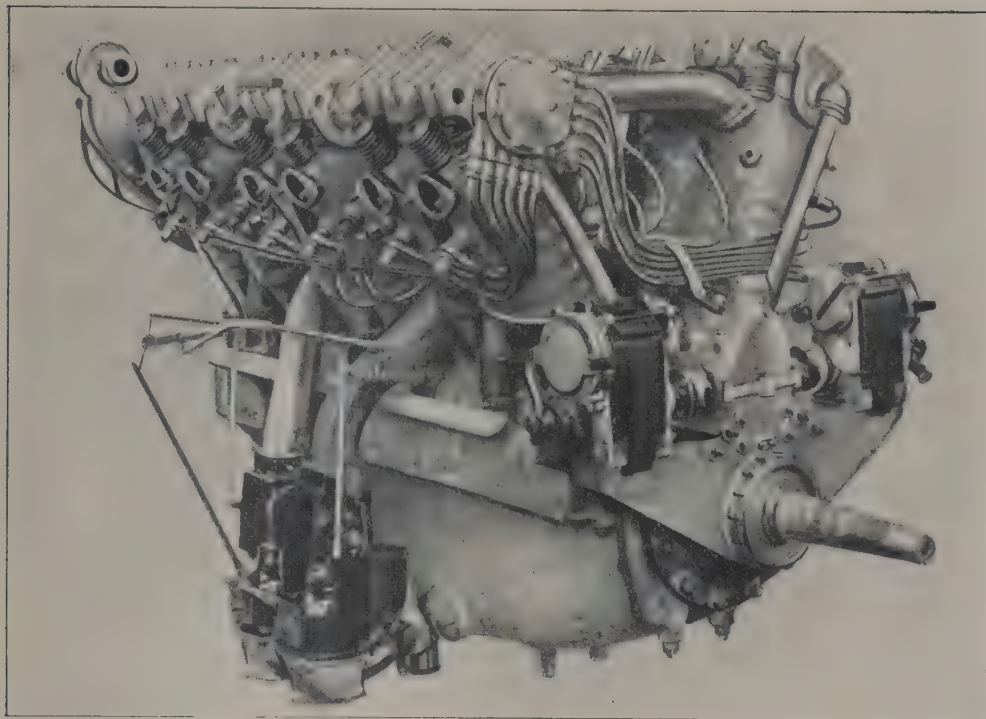
VUE DE PROFIL DU BRÉGUET LORRAINE 400 CV. QUE LE CAPITAINE PELLETIER D'OISY A CONDUIT A SHANGAÏ.



LE PILOTE CAPITAINE PELLETIER D'OISY ET SON MÉCANICIEN BEZIN QUI SONT ALLÉS DE PARIS A TOKIO, SUR UN AVION BRÉGUET MILITAIRE, APPAREIL RIGOREUSEMENT DE SÉRIE.

les tourmentes de pluie terminées par l'effort du passage des montagnes, à haute altitude, dans les nuages, sans rien voir, avec un appareil alourdi par sa pleine charge.

Puis, dès lors, les étapes se suivent qui chacune paraît être la plus terrible; il semble chaque fois que l'on atteint à la limite de la résistance des hommes



MOTEUR LORRAINE 400 CV. AYANT ÉQUIPÉ L'AVION DE PELLETIER D'OISY DANS SON RAID PARIS-TOKIO. VOIR DANS LE TEXTE LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ENGIN.

et des avions, et le jour d'après d'autres difficultés se présentent qu'il s'agit de surmonter, chaque fois l'homme se dépasse, l'appareil se surelasse, comme on dit en terme de sport!

Et pourtant, le trajet aérien est hérissé des pires difficultés que l'on puisse imaginer; le froid au-dessus des montagnes, le soleil implacable du Golfe Persique, les tempêtes de sable au-dessus des déserts, les orages et les typhons d'Extrême-Orient, les pluies tropicales, tous les périls, toutes les embûches, toutes les trahisons de l'atmosphère!

L'admirable équipage a vaincu toujours et partout; la maîtrise impeccable de Pelletier d'Oisy dans les airs, la science consciencieuse de Besin à terre, l'excellence du Bréguet et du moteur Lorraine ont surmonté tous les obstacles.

Il a fallu, presque à toucher le but, un de ces petits accidents malencontreux pour fruster les héros de leur récompense totale; un petit fossé courant au travers du champ de courses de Shangai aperçu alors que l'avion était trop lancé pour s'arrêter assez court et n'allait cependant pas encore assez vite pour décoller; c'était le capotement fatal, inévitable avec comme conséquence inéluctable la destruction presque complète de l'avion, heureux d'éviter ce qui arrive trop souvent hélas, l'incendie et la mort. Cette fois, on le sait, nos champions en furent quitte pour la première de ces catastrophes, et un appareil militaire de série, de la même marque, mais déjà fatigué par un dur service colonial était mis à leur disposition, pour atteindre Pékin et enfin Tokio, but de cet épineux voyage.

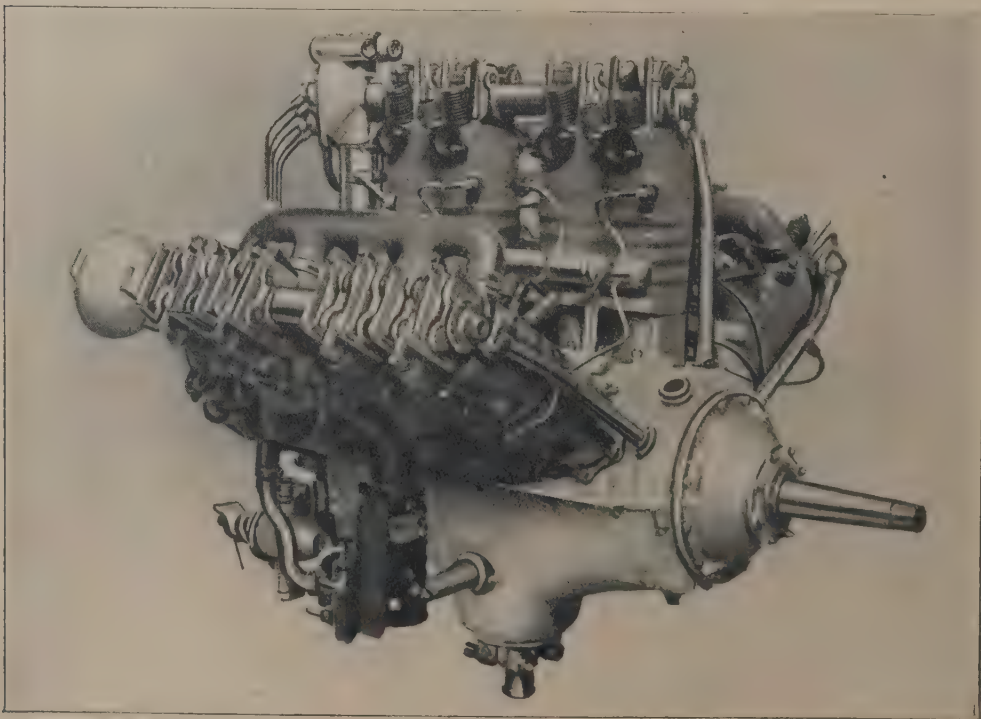
Et maintenant que nous avons parlé des maîtres, disons quelques mots des serviteurs; de cet honnête avion et de ce fidèle moteur auxquels ils avaient confié leur fortune.

Leur biplan Bréguet, de glorieuse renommée, était un appareil militaire, rigoureusement de série, c'est-à-dire, monté avec les pièces interchangeables fabriquées en quantité, suivant les méthodes précises modernes, sans rien de spécial que les réservoirs à essence dont on avait augmenté le nombre et la capacité, de façon à permettre à Pelletier d'Oisy de prolonger ses vols pendant des heures et des heures, jusqu'à complet épuisement du combustible.

Le moteur est un Lorraine 400 CV. que l'on est habitué à voir figurer dans tous les triomphes aviatiques. De même que du Bréguet, il est utile, croyons-nous, d'en donner la photographie et les principales caractéristiques.

C'est un 12 cylindres en V à 60° jumelés, de 120 millimètres d'alésage sur 170 millimètres de course. Les soupapes, en fond de cylindre, sont commandées par culbuteurs et arbre à came; le vilebrequin est à 6 manetons, il porte en bout la partie conique qui reçoit le moyeu porte-hélice. L'allumage est assuré par 2 magnétos Salmson et l'alimentation par 4 carburateurs verticaux Claudel, à pulvérisation, avec correcteur d'altitude. Le démarrage est effectué à l'aide d'un dispositif automatique à air carburé que l'on voit en bout d'un arbre à cames.

Comment, après avoir payé un juste tribut d'hommages à notre Pelletier d'Oisy, passer sous silence le merveilleux raid accompli par le capitaine de vaisseau de Pinedo, de la Marine royale italienne, qui, actuellement est en route



MOTEUR LORRAINE 450 CV. 12 CYLINDRE EN W QUI EST MONTÉ SUR L'HYDRAVION SAVOIA, CONSTRUIT EN ITALIE ET QUI L'A CONDUIT DE ROME A MELBOURNE (AUSTRALIE).

pour l'Australie et qui a accompli à ce jour, Rome-Melbourne, soit 22 500 kilomètres en cent soixante heures de vol¹.

Le Commandant de Pinedo monte un hydravion Savoia, il est parti sans organisation préalable, allant de port en port avec son navire aérien, dépassant les prouesses de Smyth.

Il est équipé également avec un Lorraine 450 CV., 12 cylindres de 120 millimètres d'alésage sur 180 millimètres de course, jumelés et disposés en W sur 3 rangées (ce qui raccourcit notablement le vilebrequin); il tourne de 16 à 1 800 tours-minute; à 1 850 tours, au sol, il donne 450 CV. L'arbre manivelle est à 4 coudes, l'hélice en prise directe, les autres caractéristiques analogues à celles du Lorraine de Pelletier d'Oisy.

LA GRANDE SÉRIE DES VICTOIRES AÉRIENNES FRANÇAISES

Ces performances, françaises et étrangères, devaient être largement dépassées en 1925. Cette année-là marque vraiment l'incontestable triomphe des ailes françaises; c'est une de ces époques où fleurissent tout à coup, au grand jour, une science et une industrie, dont les magnifiques possibilités ne s'étaient pas encore manifestées avec tant d'éclat; une de ces périodes heureuses où éclatent à tous les yeux le résultat des longs et patients efforts de nos savants, de nos constructeurs et de nos pilotes! L'admiration des foules va surtout à ces derniers, car il faut au public un nom et un geste à acclamer; cette gloire est légitime et méritée, mais il serait injuste d'oublier ceux dont le génie, le labeur obscur et acharné, les efforts longtemps soutenus, l'audace créatrice ont mis aux mains des grands « as » les incomparables instruments de leurs triomphes.

A tout seigneur, tout honneur! Disons quelques mots du plus recherché, du plus démonstratif, du plus difficile, du plus glorieux des records : celui de la durée du plus grand vol et de la plus grande distance parcourue en circuit fermé sans toucher terre.

Ce titre était tenu depuis 1924 par les États-Unis d'Amérique avec les 4 050 kilomètres de Oakley, Kelly et Mac Ready pour la distance en circuit fermé et par la France pour la durée avec les 37 heures 59 minutes 10 secondes de Coupet et Drouhin, sur Farman.

Il est maintenant complètement chez nous, gagné de haute lutte avec les 45 heures, 11 minutes, 59 secondes et les 4 400 kilomètres de Drouhin et Landry, toujours sur Farman, accomplis triomphalement les 7 et 8 août 1925 sur le circuit d'Étampes-Buc.

Ces chiffres nets, incontestables, ne sauraient être l'objet d'aucune discussion: l'avion avait quitté le sol le vendredi matin à 5 heures pour n'y revenir que le dimanche suivant, au petit jour. Pendant tout ce temps-là, il n'avait eu aucune communication avec le sol; tandis que l'avion américain, l'ancien tenant du titre, s'était fait ravitailler *en vol* par un autre appareil; et si cette acrobatie fait le plus grand honneur au courage et à l'habileté des Yankees, elle fausse cependant le résultat.

1. Depuis l'aviateur italien a accompli intégralement sa performance et est arrivé à Tokio, dans l'été 1925.

Nos champions, à nous, n'ont rien reçu directement ou indirectement du sol pendant plus de 45 heures!

Quel chemin parcouru depuis l'enregistrement du premier record du monde, le 12 novembre 1906 avec les 21 secondes $2/5$ et les 220 mètres de Santos-Dumont, à Bagatelle, avant les jours héroïques d'Auvours, d'Issy-les-Moulineaux ou de Bétheny! Que de génie dépensé, que de courage, combien de travaux et aussi hélas combien de morts entre ces deux dates 1906-1925!

Mais aussi quel résultat! Si Drouhin et Landry, au lieu de tourner en rond dans notre vieux ciel d'Ile-de-France, s'étaient élancés en droite ligne vers l'ouest, ils auraient traversé l'Atlantique; vers le sud-est, ils auraient atteint Madagascar, et vers le Levant, dépassé la Russie!

Mais, cette fois, il ne s'agissait pas d'aller le plus loin possible, mais seulement de totaliser des heures et des kilomètres sur la boucle Étampes-Toussus-le-Noble (où est, à toucher Buc, l'aérodrome Farman) longue de 100 kilomètres.

Nous ne dirons rien des pilotes, leurs exploits parlent pour eux, et d'ailleurs, parmi la jeunesse enthousiaste, ils sont bien connus; mais il est bon de noter les caractéristiques de l'avion vainqueur.

C'est un Farman, biplan à fuselage à grande surface, surallongé, muni d'un moteur Farman de 500 CV. Il pèse, en ordre de marche, 6 480 kilogrammes (six tonnes et demie, le Santos-Dumont devait peser dans les 150 kilogrammes). Sur ce total de 6 tonnes et demie, il y a 4 200 litres d'essence, pesant 3 tonnes, 4 200 litres, 4 m³, 200, 42 hectolitres, plus de 20 barriques. Qu'il est loin, mon Dieu, le temps où nous mettions parcimonieusement un bidon de 5 litres d'essence dans le réservoir de notre monoplan, à Issy-les-Moulineaux! 20 barriques et plus!! Ces chiffres en disent plus que beaucoup de paroles.

Cette énorme provision fut brûlée entièrement; quand l'avion redescendit dimanche matin, sur son terrain, il restait à peine 10 litres de combustible dans les énormes réservoirs.

Les pilotes se relayaient au manche à balai, pendant cette interminable ronde de plus de 45 heures, à la vitesse de 100 kilomètres environ à l'heure, et comme on avait mis des réservoirs supplémentaires un peu partout, c'était une véritable acrobatie à exécuter chaque fois qu'ils prenaient les commandes; ils ne pouvaient s'allonger pour dormir. Rude exploit, sans parler de la difficulté de boire ou de manger, l'huile de ricin dont ils étaient couverts leur donnant mal au cœur!

Dans le jour, on communiquait avec eux au moyen de petits avions sur le fuselage desquels étaient écrits en grosses lettres des recommandations, des encouragements, et l'indication, au fur et à mesure de leur chute, des quelque dix records qu'ils battaient successivement.

La nuit, on les laissait tout seuls tourner inlassablement d'un feu vert à un autre feu vert plantés au milieu des champs, puis, à l'aurore, le petit jeu des avions messages recommençait.

Dimanche matin, un peu avant 3 heures, l'avion se mit à tourner sur place, à grandes orbes et à signaler à l'aide de ses phares, qu'il était à bout d'essence: il faisait encore nuit, mais des projecteurs étaient préparés, qu'on aligna sur le terrain: le grand voilier descendit et vint se poser sur l'herbe, encore tout vibrant et ruisselant d'huile et de rosée. Le grand exploit était accompli!

A peine l'émoi de cette victoire était-il calmé que l'on apprenait le départ du célèbre capitaine Arrachard, accompagné de l'ingénieur Carol pour une randonnée singulièrement audacieuse. Les deux aviateurs se proposaient en effet de faire le tour de l'Europe, par les capitales, sans désespérer.

Cela représentait quelque 7 800 kilomètres de trajet à accomplir en un peu plus de 40 heures de vol, soit au maximum 3 jours pleins de 24 heures! Et quel trajet! Paris, Constantinople, Moscou, Copenhague, Paris!

Et ce tour de force a été réalisé!

Le lundi 10 août 1925, le capitaine Arrachard et son navigateur sont partis de Villacoublay, au milieu des orages, encore en pleine nuit! Jetés en avant, à 200 kilomètres à l'heure, ils ont sauté les Alpes, reconnu Turin et piqué droit sur Vienne; les orages les accompagnent; enfin le temps s'éclaircit et les grands coureurs descendent à Belgrade, pour déjeuner; 2 heures après, ils s'envolent et sont à Constantinople à 18 heures — le lendemain, à 3 h. 10 en repartent pour gagner Moscou; arrivés à Bucarest à 7 heures ils en repartent à 10 heures; sont à Moscou à la fin de l'après-midi et en repartent le lendemain à 3 h. 25 du matin pour rejoindre Paris d'un seul vol, soit 3 100 kilomètres à accomplir! Où êtes-vous, records de notre jeunesse, Juvisy-Paris et retour, Bétheny-Châlons, traversée de la Manche?

Les aviateurs gagnent de vitesse le télégraphe dans leur dernière étape pour la première fois depuis le commencement du voyage; on apprend leur arrivée à Copenhague, avant que soit arrivée la dépêche signalant leur départ de Moscou.

Et c'est l'arrivée triomphale au Bourget, le mercredi 12 août à 19 heures, 14 minutes 30 secondes, avec seulement 5 minutes de retard sur l'horaire fixé. Et l'on ne sait ce qu'il faut le plus admirer : les qualités de l'appareil Potez 25? l'endurance du moteur, Lorraine 450 CV? la maîtrise du navigateur ou l'extraordinaire exploit du pilote tenant seul le volant pendant près de 20 heures? Tout est à louer, tout est admirable, sans un défaut, sans dissonance dans cet ensemble parfait hommes-appareils, et c'est une grande victoire pour tous, une grande victoire française!

Et, pour terminer ce glorieux palmarès de l'an 1925, citons les records mondiaux, qui de haute lutte, ont été ramenés chez nous.

La hauteur, Callizo par 12 066, ravi à Sadi-Lecointe 11 145.

La vitesse que l'adjudant Bonnet a ravi à l'Américain Williams par 448 km. 171 contre 429 km. 025 à l'heure.

La durée, Drouhin et Landry par 45 heures 11 minutes 59 secondes contre Coupet et Drouhin avec 37 heures 59 minutes 10 secondes.

Distance en circuit fermé. Les mêmes par 4 440 kilomètres contre les 4 050 kilomètres de Oakley, Kelly et Mac Ready.

Enfin la plus grande distance en ligne droite : Lemaître et Arrachard par 3 166 km. 300.

Cette année 1925 a été pour notre France aérienne une bien belle et bien bonne année.





Cl. London Electrotipe.

AVION ÉCRIVANT DANS LE CIEL.

La fumée qui trace les lettres sort du tube, à l'arrière de l'empennage.

L'AVION QUI ÉCRIT DANS LE CIEL

IL y a quelques années, un entrepreneur de publicité disait, montrant la voûte céleste : « Quel beau tableau pour écrire des réclames » et, de fait, il avait essayé divers systèmes pour projeter des rayons lumineux sur les nuages, à l'aide d'un immense projecteur semblable à une lanterne magique démesurée. Quand les nuages faisaient défaut, il en créait d'artificiels à l'aide de fusées chargées d'un mélange fumigène qui, en éclatant, lâchait dans l'atmosphère d'épais flocons d'une fumée noirâtre.

Plus tard, quelques mois avant la Guerre, on avait imaginé un dispositif, sinon d'inscription, tout au moins de signalisation dans les airs.

L'appareil employé, monté sur un avion, se composait d'une sorte de boîte munie d'un obturateur et qui laissait échapper dans un petit couloir disposé parallèlement à son axe, dans le sens même de la route de l'avion, du noir de fumée en poudre impalpable; ce noir de fumée mélangé dans le petit couloir à l'air produit par le vent de la course, s'échappait vers l'arrière de l'avion et faisait une traînée plus ou moins longue suivant que l'obturateur était resté plus ou moins longtemps ouvert. On avait là des brèves et des longues, les points et les traits de l'alphabet Morse avec lesquels il était possible de télégraphier optiquement des mots et des phrases. Ils persistaient assez longtemps dans le ciel, jusqu'à ce que les courants d'air et les remous aient dispersé la poussière noire dont ils étaient formés; mais il fallait arriver aux récents travaux du capitaine anglais Savage, mort tout récemment d'un

accident de vol — pour voir un avion écrire vraiment dans le ciel à l'aide de lettres ordinaires, démesurées, et tracer sur le fond bleu du firmament de gros traits d'une blancheur nacrée.

L'appareil fort curieux suscita, dès son apparition, un grand intérêt. Monté à bord d'un avion léger et rapide, il évoluait dans les hautes couches de l'atmosphère et on le vit pour la première fois à Paris, prônant dans le ciel une marque de voiture le jour de l'inauguration de l'un des derniers salons de l'automobile.

Voici comment cet appareil fonctionnait :

« Il était muni d'une canalisation ou tube reposant sur toute la longueur du fuselage de l'avion et venant déboucher à l'arrière de l'empennage, aussi loin que possible, pour éviter les remous de l'hélice.

« Au moment où le pilote voulait tracer un signe derrière lui, il faisait pénétrer directement dans le moteur ou bien dans les gaz de l'échappement encore très chauds, une sorte d'huile minérale qui dégageait par la chaleur une énorme quantité d'une fumée blanche, épaisse, d'un éclat scintillant et nacré.

« Un interrupteur permettait de suspendre l'émission de fumée en interrompant l'arrivée de la substance dans le circuit du moteur ou celle des gaz d'échappement dans le réservoir qui la contenait.

« Pour tracer les lettres, le pilote, étant monté à bonne altitude, c'est-à-dire aux environs de 5 000 mètres, se mettait à décrire dans l'air, avec son avion, et à plat, de grandes lettres de plusieurs kilomètres de développement, en laissant derrière lui une traînée blanche constituée par la fumée de son appareil fumigène. »

Du sol, il paraissait se livrer à de multiples acrobaties et par l'habitude que nous avons de considérer les lettres avec un haut et un bas, une droite et une gauche, il semblait que l'avion grimpait à des altitudes considérables, le long d'une immense lettre pour redescendre précipitamment en formant le jambage descendant; mais il n'en était rien. Les lettres, nous l'avons dit, étaient tracées à plat; la seule précaution à prendre était, le pilote écrivant en dessous de lui et pour des spectateurs se trouvant sur terre, d'écrire à l'envers ainsi qu'on le ferait sur une vitre pour qu'un œil placé de l'autre côté vit les lettres dans leur sens normal.

Cela ne compliquait pas la tâche, tâche qui d'ailleurs n'était pas dépourvue d'une certaine difficulté. Le pilote en effet, pendant qu'il écrivait, ne voyait rien de la forme des lettres, mais étant à peu près à la même hauteur apercevait seulement une ligne plus ou moins horizontale qui était la trace de ces mêmes lettres vues par la tranche. C'est pourquoi, après chaque mot tracé, l'avion se hâtait de descendre de quelques centaines de mètres pour vérifier l'ensemble de son inscription.

Le vent ne déformait que peu les lettres et seulement au moment de leur inscription, car, à ces hauteurs, les souffles d'air sont très réguliers et les caractères une fois tracés dérivaienent tous ensemble d'un seul mouvement, sans que leur forme soit altérée.

Au bout d'un temps variable, mais n'excédant pas dix minutes, la fumée finissait par se dissiper et l'inscription par s'évanouir.

Mais ainsi qu'on le verra sur nos gravures, il était fort impressionnant



DISPOSITION DU FUSELAGE DE

Les ailes sont enlevées ainsi que le capot du moteur;

On remarquera que l'écriture se trace à plat et à l'envers. L'inscription du haut est lue du sol, tandis que celle

de voir du sol un avion minuscule, presque imperceptible, tracer derrière lui d'énormes lettres et quelquefois même il fallait un moment d'attention pour distinguer ce petit point de l'avion à l'origine du trait qui se prolongeait, par on ne savait quel prodige, en plein ciel.

Nous ne pensons pas que cette invention ait reçu, en dehors du domaine strictement commercial, en tant qu'agent de publicité originale, d'autres applications. Cependant, on pourrait prévoir, pour le temps de guerre, un code de signaux extrêmement simplifié qui pourrait permettre à un avion d'observa-

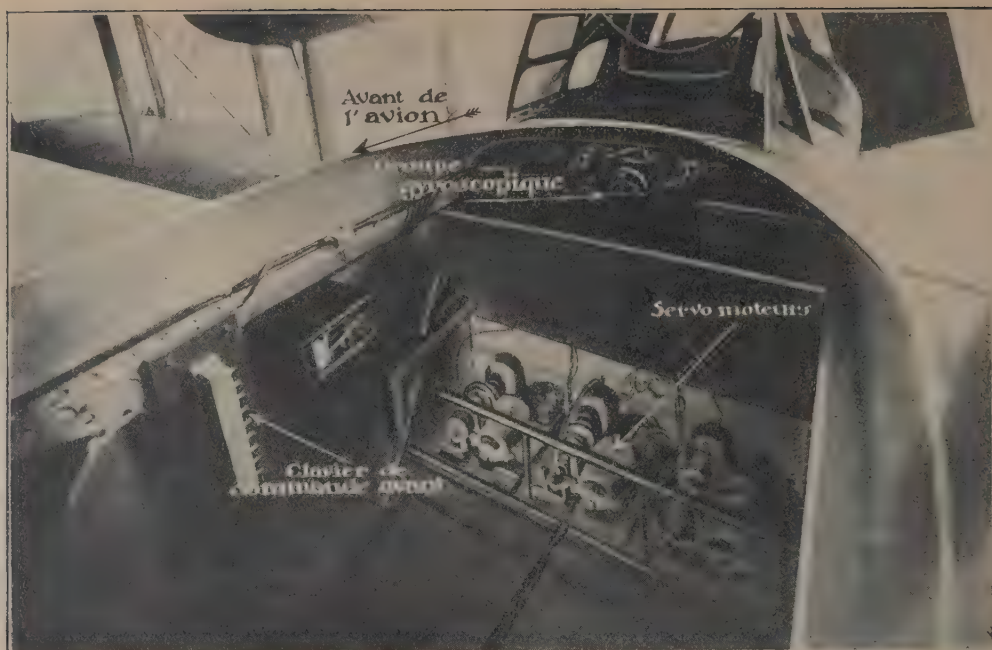


L'AVION QUI ÉCRIT DANS LE CIEL.

sur les côtés, les tubes d'émission de fumée.

du médaillon de droite est représentée au moment où le pilote vient d'en achever l'inscription.

tion de signaler à son commandement, sans aucun délai, et sans même interrompre sa surveillance, telle réponse à une question précise, tel renseignement particulier, sur un point convenu d'avance et au moyen, nous l'avons dit, d'un code très simplifié, comprenant quelques signes, lignes, circonférences, carrés ou même simplement points et traits, comme dans l'alphabet morse. Il est évident que l'ennemi aurait connaissance de ces communications, mais aurait de grandes difficultés pour en pénétrer le sens, tout au moins au début, car dans la suite, le code de signaux serait divulgué à l'adversaire ou même deviné par lui.



L'AVION SANS PILOTE. INTÉRIEUR DE LA CARLINGUE MONTRANT LES SERVO-MOTEURS, LES GYROSCOPES ET LES CLAVIERS DE COMMANDE.

L'AVION SANS PILOTE

UN autre chapitre nous apprendra qu'il était de pratique presque courante de diriger par T. S. F. un navire libre sur la mer et ne portant aucun équipage à bord.

Cette solution du problème de la direction à distance d'un engin, appelée télémechanique, est susceptible surtout d'applications guerrières et si le problème a été résolu tout d'abord en ce qui concerne les navires c'est qu'il présente moins de difficultés en marine qu'en aviation.

Depuis longtemps déjà on avait songé à provoquer la direction à distance des avions, par le même procédé, mais la question est plus complexe et la réalisation bien plus difficile.

En effet, un navire est mobile dans un seul plan; il se tient toujours à la surface de l'eau et deux séries de commandes actionnées par T. S. F. pourront à la rigueur suffire à sa direction, l'une actionnant le moteur, et l'autre le gouvernail.

L'avion, lui, est mobile dans deux plans et dans trois directions (l'analogie se retrouve d'ailleurs dans la torpille sous-marine), il peut osciller dans chacune de ces directions, dans deux sens, ce que l'on exprime en langage technique en disant qu'un aéroplane jouit de six degrés de liberté.

De plus, il faut tenir compte de la facilité bien plus grande qu'il y a à placer à bord d'un navire des appareils récepteurs et moteurs sans trop s'occuper de l'encombrement ni du poids.

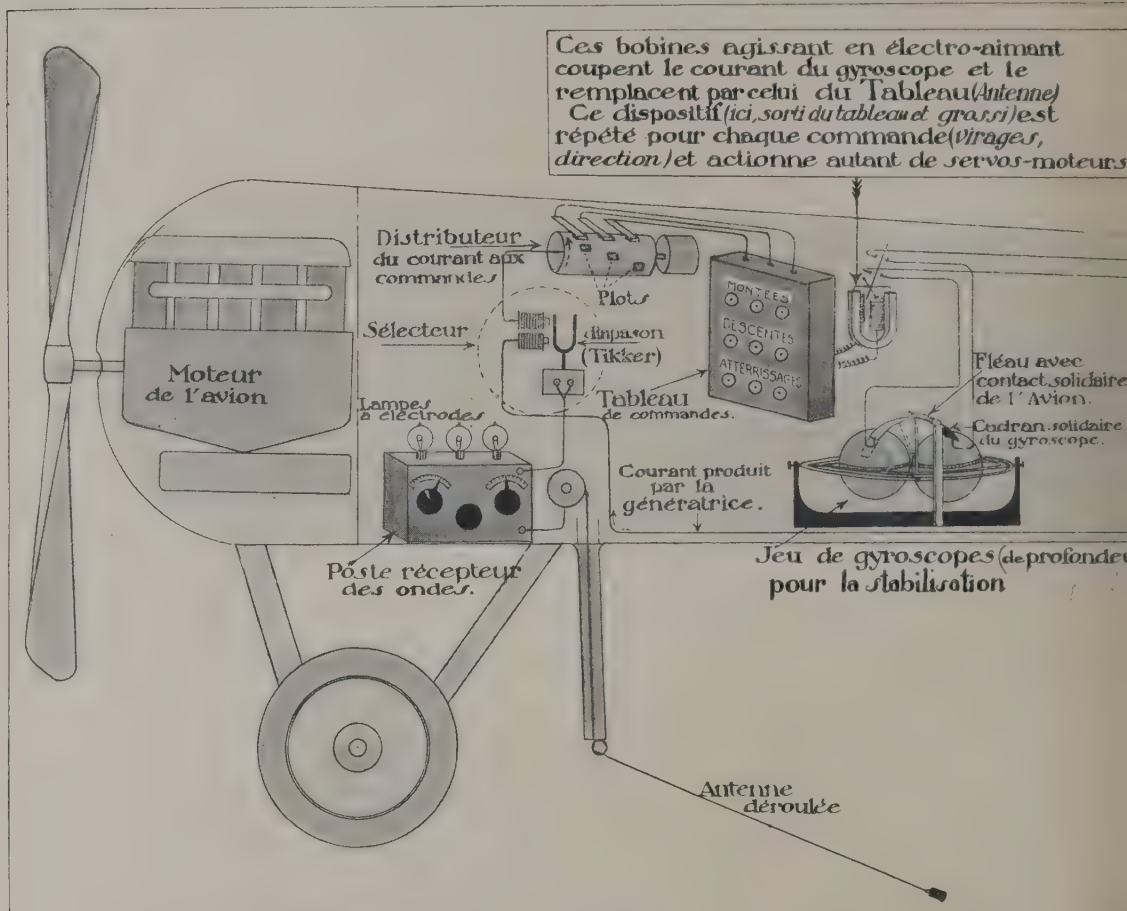
Malgré les difficultés de ces données, le problème a été résolu en ce qui concerne l'aviation, tout au moins en partie; déjà en 1918 le 14 septembre pour préciser, un avion Voisin tint l'air pendant cinquante et une minutes en faisant un circuit d'environ 100 kilomètres. Puis, vint l'armistice et la paix et les recherches du capitaine Max Boucher (ainsi s'appelait leur auteur) furent interrompues.



L'AVION SANS PILOTE. — POSTE DU « CAPITAINE » DU BORD.

Reprises en 1921 sur l'ordre de M. Laurent Eynac par le capitaine Max Boucher et l'ingénieur Percheron, sous le contrôle du capitaine Volmerange (du Service de la Navigation Aérienne), elles aboutirent un an environ après à des résultats déjà très probants. Un Voisin vola et exécuta des évolutions diverses. Bien qu'ayant un pilote à bord, celui-ci comme un capitaine de navire n'intervint en aucune manière pour la manœuvre elle-même si ce n'est en actionnant des boutons qui, eux, déclanchaient le mécanisme du vol automatique, tel que nous le décrirons tout à l'heure, en actionnant la montée, la descente, le virage à droite ou à gauche, etc., etc.

En effet, la première condition à réaliser pour un avion, avant tout essai de direction à distance, est celle du vol automatique.



N'oublions pas qu'un navire aérien lâché dans les airs doit maintenir : 1^o son équilibre latéral, 2^o son équilibre longitudinal et, 3^o se maintenir dans une direction donnée. C'est ce que l'on appelle les deux équilibres en vol et la stabilité de route.

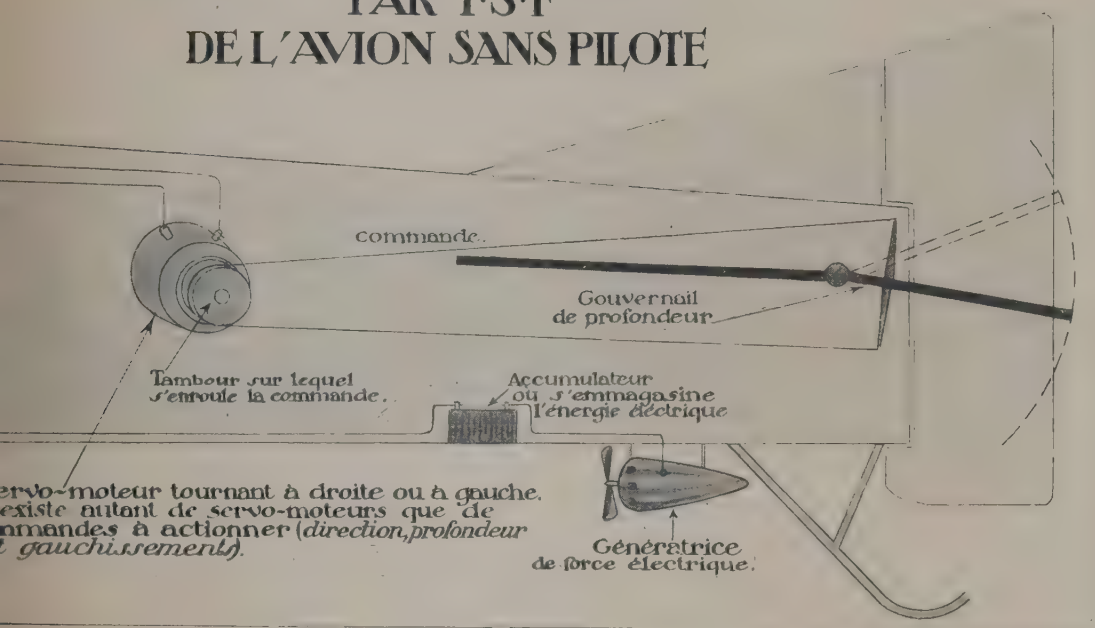
Théoriquement, l'avion ayant six degrés de liberté (deux mouvements autour des trois axes), il faudrait six stabilisateurs dont cinq seraient immobilisés pendant que, seul, l'un d'eux agirait; mais, en pratique, trois engins de stabilisation suffisent : l'un pour le sens vertical, l'autre pour le sens horizontal (équilibre en vol) et le troisième pour la route (direction).

Il faut remarquer également que ces stabilisateurs doivent être ramenés à 0 avant que le mouvement de correction soit achevé pour éviter ces oscillations pendulaires qu'en terme de métier on appelle les mouvements de sonnette.

L'âme du stabilisateur automatique est le gyroscope, absolument semblable à celui que l'Américain Sperry a construit pour le service de la navigation marine.

Tout le monde sait qu'un gyroscope se compose d'une sorte de toupie ou d'un volant tournant à très grande vitesse dans l'intérieur d'un cercle monté lui-même entre deux pivots, ce volant faisant généralement de 15 à 18 et même

SCHEMA DE LA DIRECTION PAR T.S.F DE L'AVION SANS PILOTE



SCHEMA DES DISPOSITIFS. DE BORD DE L'AVION SANS PILOTE.

Les légendes indiquent le nom et le fonctionnement des organes de l'avion automatique.

20 000 tours à la minute et jouissant de la propriété remarquable de se maintenir toujours dans son plan de rotation; si donc l'avion vient à se déplacer, cette sorte de toupie restera immobile et la position relative des deux organes (avion et gyroscope) sera changée.

Dans la pratique, le volant est muni de bobines électriques et le carter ou enveloppe dans lequel il est enfermé et qui est vide d'air pour éviter les frottements, en est aussi garni: c'est ce qui fait que, sous la légère impulsion d'un courant électrique, le gyroscope — tel le rotor d'une dynamo — prend une vitesse constante et qui se maintient tant que dure le courant électrique.

Disons en passant qu'il est nécessaire qu'un tel gyroscope soit équilibré par un autre appareil compensateur pour qu'il garde toujours une horizontalité permanente, pour des raisons de dynamique qu'il serait trop long d'exposer.

Dans le cas des navires qui voguent à la surface de l'eau et qui sont capables de recevoir des gyroscopes dont le volant peut arriver à peser plusieurs tonnes, leur seule résistance au mouvement suffit pour mettre en branle des appareils même puissants.

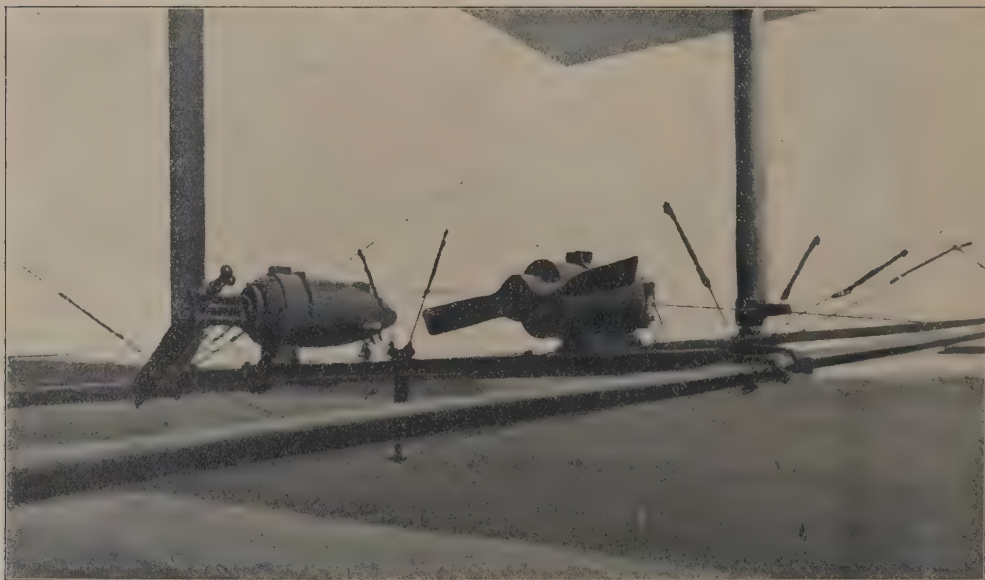
Dans l'aviation, il est impossible de songer à utiliser des appareils de telle nature et la très faible impulsion qu'ils produisent sert seulement à actionner un relais, lequel, à son tour, distribuera à un servo-moteur l'énergie électrique suffisante pour le faire tourner; ce servo-moteur n'est autre chose qu'un petit

moteur électrique auxiliaire destiné à développer la force mécanique nécessaire pour mouvoir les commandes de l'avion.

Voici comment ces appareils fonctionnent :

Nous avons vu que les gyroscopes étaient enfermés dans une enveloppe ou carter, espèce de sphère aplatie, montée à la cardan et munie d'une sorte de crête en forme d'arc de cercle et que l'on appelle le secteur.

D'autre part, une tige est liée à l'avion d'une façon indéformable; cette tige porte un contact que l'on appelle balai et qui vient frotter sur le secteur qui, nous l'avons vu, est fixé au carter des gyroscopes. Ce secteur est muni de touches électriques ou plots alternant avec des parties isolées.



L'AVION SANS PILOTE.

*Les génératrices d'électricité qui actionnent les appareils du bord, servo-moteurs relais, etc.
Ce sont des dynamos mues par hélices aériennes.*

Le 0 qui correspond à l'immobilité relative du gyroscope et de l'avion est une partie isolée qui se trouve au sommet du secteur.

Lorsque l'avion fait une embardée, c'est-à-dire opère un changement brusque d'équilibre ou de direction, le gyroscope qui tend à rester dans un plan perpendiculaire à son axe de rotation ne bouge pas mais l'avion tourne autour du gyroscope comme un fléau de balance tourne autour de son couteau; il en résulte que le balai quitte le point 0 isolé et vient frotter sur un des plots du secteur; il lance aussitôt par ce contact un courant électrique dans un des servo-moteurs. Rappelons qu'on appelle ainsi la réunion d'un petit moteur électrique et d'un tambour ou treuil sur lequel vient s'enrouler le câble de commande d'une des gouvernes de l'avion.

Quand le courant passe, le moteur du servo tourne; le câble est tiré, la gouverne suit et l'avion obéit à l'impulsion en rétablissant son équilibre dans le sens contraire à l'embardée qui a déclenché tout le système.

Ce mouvement cesse avant que l'avion soit revenu tout à fait à sa position d'équilibre et, ceci, pour éviter les oscillations pendulaires appelées mouvements de sonnette, en terme de métier, ainsi que nous l'avons dit.

Trois systèmes de gyroscopes sont employés pour stabiliser automatiquement le vol de l'engin; nous disons trois systèmes car chaque gyroscope est double, étant compensé par un autre qui l'équilibre pour éviter les effets d'inertie.

Le premier groupe agit dans le sens vertical, c'est-à-dire qu'il règle la montée et la descente en actionnant par l'intermédiaire du servo-moteur correspondant, les commandes de ce plan mobile que nous avons décrit à l'arrière de l'avion et que l'on appelle la profondeur (ou gouvernail de profondeur, plus exactement).

L'équilibre latéral est obtenu à l'aide d'un autre groupe gyroscopique dont l'action s'exerce sur les ailerons de gauchissement.

« Nous verrons tout à l'heure qu'il s'est encore présenté, de ce fait, une assez grande difficulté, car les commandes de l'avion à terre, quand il roule, avant de décoller, sont exactement inverses des mêmes commandes en vol (Percheron) ».

Enfin, la direction est obtenue à l'aide d'un troisième groupe qui tourne dans un plan perpendiculaire aux autres et qui actionne, toujours par l'intermédiaire d'un servo-moteur, le gouvernail vertical dit de direction; c'est lui qui assure ce que l'on est convenu d'appeler la stabilité de route.

Voyons maintenant comment fonctionnent ces gyroscopes qui, soit dit en passant, sont du système Sperry, absolument analogues à ceux qui sont employés pour la stabilisation et la direction des torpilles automobiles.

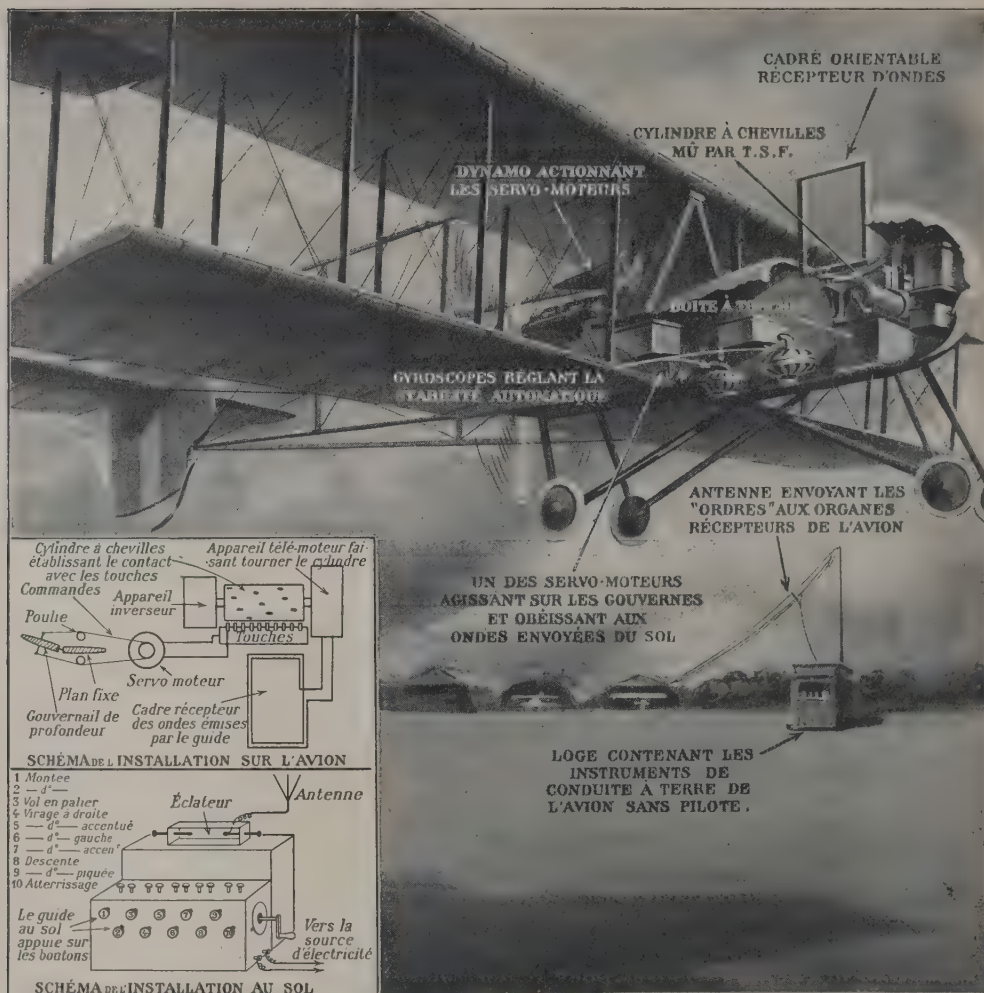
Quand, sous leur impulsion, les servo-moteur ont tourné d'un certain angle — et par conséquent enroulé plus ou moins la commande sur son treuil — un rupteur intervient aussitôt pour couper le courant et un câble spécial qu'on appelle câble d'asservissement, entre en jeu pour ramener l'organe à 0 avant que le balai ne soit revenu au 0 du secteur (point isolé).

« Ceux qui ont manié les appareils électriques — et ils sont maintenant légion avec la vogue de la T. S. F. en particulier — se douteront du temps qu'il a fallu et des soins dépensés pour régler tous ces contacts, aviver les touches, étouffer les étincelles de rupteur, etc. » (Percheron).

Mais tout ceci n'était que le commencement de l'œuvre à accomplir. Il ne s'agissait que de l'automatisme de l'avion en plein vol. Il a fallu également prévoir les dispositifs du départ et de l'atterrissage.

Pour le départ, une des conditions importantes à réaliser est d'empêcher l'avion de décoller avant qu'il n'ait atteint une vitesse suffisante car il s'exposerait alors à retomber lourdement sur le sol et à se briser. On y est parvenu à l'aide de dispositifs anémométriques, c'est-à-dire des appareils qui, mesurant la vitesse de l'avion par celle du courant d'air occasionné par sa course, bloque les commandes tant que cette vitesse n'est pas suffisante; un interrupteur électrique commandé par un régulateur centrifuge à boules analogue à celui des machines à vapeur peut remplir ce rôle. Un autre dispositif empêche la montée dite « chandelle » qui exposerait l'avion à s'engager sur une aile, en perte de vitesse, et à tomber sur le sol; cet appareil a tendance à remettre l'aéroplane en ligne de vol horizontal ou même descendant chaque fois que sa vitesse diminue. Il est également à commandes anémométriques.

Pour l'atterrissage, on a prévu un appareil de freinage et d'arrêt du moteur



LE BIPLAN VOISIN DU CAPITAINE MAX BOUCHER SUR LEQUEL ONT ÉTÉ EFFECTUÉES LES PREMIÈRES EXPÉRIENCES DE VOL AUTOMATIQUE.

que l'on appelle un loch, analogue à celui qui servait autrefois à bord des navires à mesurer la vitesse de route. Cet organe traîne au-dessous de la béquille et quand l'avion arrive au raz du sol, il met en jeu un relais mécanique qui ralentit puis arrête le moteur; l'avion roule alors sur son erre, sur son élan ou sa lancée, puis sa force vive étant épuisée, s'arrête; mais tout cela n'est encore que le commencement de la solution des durs problèmes qu'impose la direction d'un avion sans pilote. Il s'agit maintenant d'envoyer des ordres à cet avion automatique qui part, vole et atterrit tout seul, mais qui, en l'absence d'une volonté directrice, partirait droit devant lui jusqu'à épuisement d'essence.

Pour cela, on a commencé par installer à bord une série de touches correspondant chacune à un contact électrique et actionnant respectivement un servo-moteur semblable à ceux dont nous avons décrit le fonctionnement tout

à l'heure. Ces boutons ou touches portent l'indication d'une manœuvre, par exemple : montée normale, montée cabrée; descente normale, descente piquée; virage à droite, virage à gauche, etc.

Ces boutons actionnant chacun un servo-moteur ne peuvent lancer le courant dans ledit moteur que lorsqu'un court-circuit prévu pour cela opère le décalage des balais de façon à mettre les gyroscopes « hors circuit » car, sans cela, entrant en action automatiquement, ils s'opposeraient à la manœuvre projetée.

Lorsque le tambour du servo-moteur de manœuvre a enroulé la commande (ou drosse) d'une gouverne quelconque, son action cesse quand l'effet désiré est obtenu; mais à ce moment-là il faut que l'organe mis en action revienne à sa position de repos.

Pour cela, il est prévu un câble d'asservissement mû par un ressort de rappel et qui entre en jeu avant que l'avion ait entièrement répondu à la sollicitation de sa gouverne; en même temps un rupteur coupe le circuit dans le servo-moteur qui vient de fonctionner et automatiquement tout le système revient à 0.

Il y a par conséquent un grand point désormais acquis : c'est l'automatisme complet du vol en ligne droite et de la stabilité latérale et longitudinale, ainsi que l'obéissance de l'avion à des impulsions parties du bord. Le pilote cessant d'être le wattmann ou le chauffeur de son appareil en devient vraiment le capitaine et cela est d'une importance capitale, surtout sur les gros avions de transport où la manœuvre continue du manche à balai — qui demande une dépense de force musculaire non négligeable — est une source de fatigue qui empêche de prolonger au delà de quelques heures (trois ou quatre au grand maximum) la durée d'un vol normal sans escale (nous ne parlons pas évidemment des records des champions).

Délivré de ces soucis continuels, affranchi de cet effort sans cesse renouvelé, le pilote — disons le capitaine — de son bord peut donner tous ses soins à l'observation du point, au choix de la bonne route; il peut rester en rapport constant avec le sol, par télégraphie ou téléphonie sans fil; il peut enfin se livrer à ces opérations absorbantes que constituent la radiogoniométrie ou l'observation du câble de Loth. Aussitôt qu'il quitte les boutons de manœuvre, l'automatisme reprend ses droits.

Maintenant, il s'agit d'envisager le point le plus délicat du problème, c'est-à-dire la direction de l'engin par une force extérieure, en l'espèce par les ondes hertziennes émises de terre ou d'un autre avion.

Tout de suite, des difficultés énormes se présentent. Une des premières est la faiblesse de l'énergie susceptible d'être captée par l'organe récepteur (antenne ou cadre) de l'avion sans pilote. On sait en effet que dans un rayon de 5 kilomètres autour de l'antenne émettrice, c'est à peine si un cent millionième de l'énergie libérée peut être recueillie. Ce défaut serait même rédhibitoire si l'on n'avait, ainsi que le savent tous les amateurs de T. S. F., trouvé le moyen d'amplifier ces faibles courants et multiplier, grâce à une source électrique locale, leur intensité plusieurs dizaines de milliers de fois.

Il faut également tenir compte des ondes électriques voyageuses d'origine tellurique (terrestre), atmosphérique ou magnétique ou bien encore des ondes normales émises involontairement à la surface de la terre par tous les engins



L' « AVION-BERGER » ET

Une des applications les plus réalisables en même temps que les plus terribles de l'avion automatique ou avion berger. Amenés au-dessus du but à détruire;

électriques en action, sans parler des mêmes ondes lancées à dessein, dans le but de troubler le vol de l'avion (brouillage).

Ces causes perturbatrices (ondes parasites ou ondes de brouillage) doivent être avant toute chose éliminées par le système récepteur de l'avion sans pilote qui doit se reconnaître au milieu de cet enchevêtrement inextricable d'ondes errantes et n'obéir qu'à celles qui lui sont vraiment destinées.

Il faut donc prévoir et installer, à bord, des engins de détection, d'amplification et de verrouillage.



LES « AVIONS TROUPEAU. »

*est la constitution de grands « vols » d'avions non montés bourrés d'explosifs et conduits par un avion pilote
l'avion berger envoie tout le troupeau à terre*

Les appareils de détection seront : ou l'antenne — sorte de câble lesté par un poids qui se déroule au départ et qui pend librement sous l'avion — soit un système de deux ou plusieurs cadres, absolument analogues à ceux dont on se sert en radiogoniométrie et plus généralement en T. S. F.

Les amplificateurs font suite aux détecteurs; ils sont composés — toujours comme en T. S. F. — de lampes à trois électrodes dites lampes thermioniques ou audions qui servent — grâce au circuit local d'une batterie de piles ou d'accumulateurs placée dans leur voisinage — à augmenter l'intensité du courant détecté;

cette augmentation d'intensité peut aller, quand on emploie plusieurs appareils disposés en cascade, jusqu'à plus de 1 000 fois le courant capté par l'antenne.

L'utilisation de ce courant qui est, ne l'oublions pas, porteur des ordres envoyés du sol, est mise en œuvre à l'aide de nouveaux appareils appelés distributeurs et sélecteurs.

Le sélecteur est destiné à choisir entre toutes les ondes voyageuses qui sillonnent l'espace, celles qui sont destinées à l'avion lui-même parmi l'inextricable flot de toutes les radiations errantes.

Le dispositif le plus communément employé est une sorte de tikker, c'est-à-dire un diapason qui n'entre en vibration que pour une excitation donnée et qui s'oppose par conséquent à tout passage de courants qui ne correspondent pas à la fréquence pour laquelle il a été accordé.

Ceci est analogue au fonctionnement des résonateurs employés en acoustique qui se composent comme on sait d'une sorte de cloche qui n'entre en vibration que sous l'excitation d'une onde sonore d'une hauteur donnée à l'exclusion de toute autre.

Le distributeur se compose d'un cylindre porteur de touches ou plots qui peuvent venir en contact avec un autre conducteur (ou balai), chaque fois que le cylindre effectue une fraction de tour sur son axe; chacune de ces touches ou plots correspond à un des boutons de manœuvre dont nous avons parlé tout à l'heure (montée, descente, etc., etc.).

Il est par conséquent facile de comprendre *grosso modo* le fonctionnement de l'avion sans pilote.

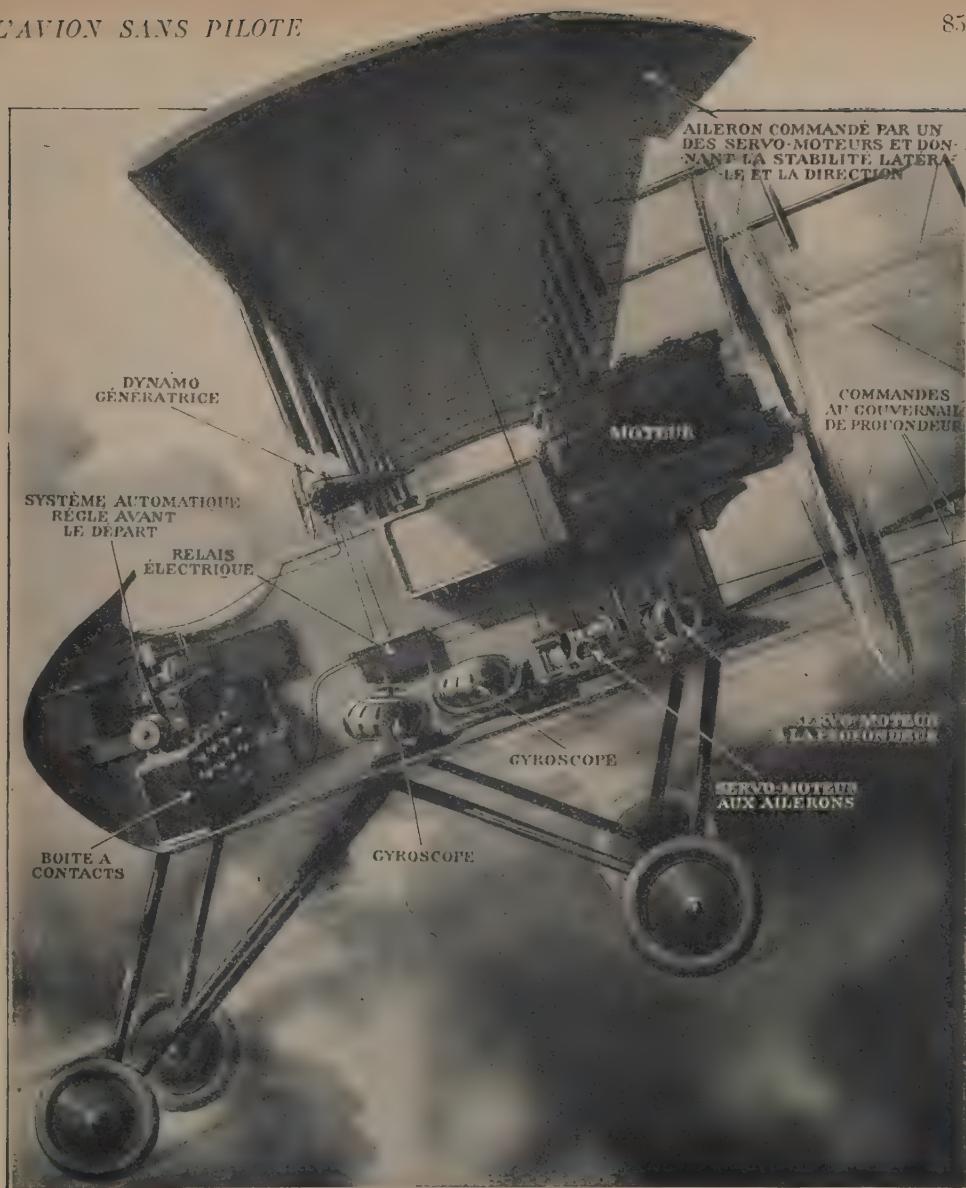
A chaque impulsion envoyée du sol et recueillie par l'antenne, acceptée par le tikker, amplifiée par les lampes, le cylindre distributeur, à l'aide d'un encliquetage, tourne d'un certain angle autour de son axe et vient mettre en contact un de ses plots ou touches correspondant à un des boutons de manœuvre que nous avons décrits et désormais les choses se passent ainsi que nous l'avons vu lorsque nous avons parlé de la manœuvre de l'avion à l'aide des boutons *ad hoc* par le capitaine du bord.

C'est là succinctement exposé le principe du fonctionnement si complexe de l'avion sans pilote.

On aura une idée de l'extrême complication du mécanisme quand nous aurons dit que le Voisin d'expérience équipé par M. Percheron piloté par Arbanère et qui était muni d'un moteur Renault de 300 chevaux comprenait, pour la réception des ondes et leur utilisation à bord, 50 relais, 12 moteurs électriques, 450 connexions, des bobines de self, des conjoncteurs-disjoncteurs, 5 groupes gyroscopiques doubles avec chacun leurs secteurs, leurs câbles d'asservissement, leurs servo-moteurs, etc.

Chaque servo-moteur comprenait lui-même des embrayages multiples de changement de marche, de retours à 0, etc. — Le courant était fourni par trois génératrices dont nous donnons une photographie et qui étaient placées, les unes sur le bord d'attaque des ailes, les autres sur le longeron inférieur de la poutre de réunion; toutes étaient mues par une hélice aérienne mise en action par le vent de la course.

En dépit de cette complication extrême, le résultat acquis est vraiment intéressant.



L'AVION SANS PILOTE.

Cet avion (un Voisin de 1916) montre la disposition des organes de vol automatique.

Que l'on songe quelle arme terrible serait en temps de guerre un tel engin dirigé du sol et portant la destruction et la mort dans le camp ennemi, sans risques et sans danger. Mais l'avion même chargé, avec sa vitesse dépassant 150 kilomètres à l'heure échappe bientôt à la vue et c'est pourquoi on a songé à faire accompagner un grand nombre d'avions non montés, par un seul avion conduit par son pilote et qui mènerait toute la bande comme un berger mène son troupeau.

Dans ce cas-là, les ordres au lieu de partir d'une antenne au sol seraient lancés par le pilote berger.

Cette solution laisse entrevoir une réalisation bien plus effrayante encore ; on comprend qu'il y aurait un intérêt capital pour une armée à utiliser tous les vieux avions un peu démodés ou bien ayant subi de multiples réparations, incapables en tous cas de faire figure d'avions de combat.

Après une réparation sommaire les mettant en état de tenir l'air et de marcher à une vitesse même réduite, on les bourrerait d'explosifs extrêmement puissants et sous la conduite de son berger, ce formidable troupeau serait amené au-dessus des formations ou des villes ennemies à détruire. Là, le pilote de l'avion berger ferait descendre tous les avions du troupeau, les laisserait tomber en vrille au nombre de plusieurs dizaines, peut-être même de plusieurs centaines ; ils arriveraient au sol, ne laissant rien debout dans un large rayon, comme le plus effroyable des cataclysmes.

Il est même aisé de prévoir, dans l'état actuel de la question, une pareille utilisation de la découverte nouvelle et nous donnerons un peu plus bas la teneur anticipée d'un rapport éventuel établi par le pilote qui mènera ce troupeau dans la prochaine guerre.

Mais heureusement que ne se bornent pas là les possibilités de la nouvelle invention.

La première qui se présente à l'esprit est la facilité de faire voyager les aéroplanes à des altitudes considérables, sans souci des conditions atroces qui règnent dans les hautes régions atmosphériques pour l'homme, puisque l'avion serait sans aucun être vivant à bord. Son moteur étant alimenté par un turbo-compresseur Rateau pourrait, à cette hauteur, et vu la raréfaction de l'air qui diminuerait d'autant la résistance à l'avancement, atteindre des vitesses que le calcul nous démontre de l'ordre de 500 kilomètres à l'heure.

Un avion chargé de messageries pourrait ainsi, en quelques heures, franchir l'Atlantique sans danger, sans souci d'aucune sorte pour des vies humaines.

Il est loisible également d'imaginer un convoi postal conduit par un seul pilote et qui, en passant au-dessus des objectifs signalés d'avance laisserait descendre un certain nombre d'avions et en reprendrait d'autres sans l'intervention d'aucune autre manœuvre ; ceci serait particulièrement intéressant dans les grands espaces comme le Sahara où les communications postales sont si rares et si difficiles.

Voici à titre de curieuse anticipation, la teneur probable du rapport d'un officier aviateur, chargé de détruire une ville à l'aide d'une escadre d'avions sans pilote. On peut être certain que les choses se passeraient d'une manière tout à fait semblable au récit ci-dessous rapporté.

Le Lieutenant pilote X... du X^e régiment d'aviation de bombardement diurne, à Monsieur le Chef de bataillon, commandant le centre de X...

Transmis à Monsieur le Lieutenant-Colonel, commandant des formations aériennes non endivisionnées au G. Q. G.

« Mon Commandant,

« J'ai l'honneur de vous rendre compte de l'exécution des ordres spéciaux qui m'ont été transmis à la date de samedi dernier. Ce jour, ayant fait sortir

sur le terrain les 60 avions mis à ma disposition pour accomplir la mission spéciale dont j'ai eu l'honneur d'être chargé, et le plein d'essence ayant été effectué, ainsi que la mise en ordre de toutes choses, sans oublier les détonateurs multiples disposés au centre de la charge explosive remplissant la carlingue des avions spéciaux mis à ma disposition, j'ai pris l'air à la pointe du jour de la manière ci-dessous décrite. Mais je crois utile de rappeler tout d'abord que l'escadre dont j'ai reçu le commandement était formée d'avions déjà en service depuis longtemps, la plupart en assez mauvaise condition et qu'une réparation hâtive avait mis en état de voler.

« J'ai adopté, pour ma formation de vol, la disposition d'un triangle ainsi qu'il est d'usage pour les reconnaissances et les bombardements de jour, de façon à laisser croire à l'ennemi que mes avions étaient escortés et défendus ainsi qu'il est de règle.

« Pour éviter une trop grande complexité de manœuvres, les départs étaient donnés au fur et à mesure, du sol, en faisant actionner, par un sapeur chargé d'un appareil chacun, le bouton de montée.

« Je fis ainsi partir un premier groupe de deux avions, puis cinq, à environ 250 mètres d'intervalle, puis 10, ainsi de suite en augmentant chaque fois le nombre jusqu'à la disposition de mes 60 appareils.

« La distance latérale entre chaque appareil était à peu près égale à la distance longitudinale qui le séparait de son avion chef de file.

« Quand tous les engins eurent pris l'air, je m'élançai aussitôt mais comme mon avion était beaucoup plus rapide, je dus, pour conserver à ma vue la totalité de ma formation, réduire mon moteur et, plusieurs fois, faire demi-tour, puis revenir vers ma tête de colonne en escortant tantôt en dessous et tantôt par-dessus le groupe des avions du troupeau.

« Je m'éloignai du Centre et manœuvrai à prendre de la hauteur, prudemment, à cause de mes avions lourdement chargés que je craignais voir se mettre en perte de vitesse. Au-dessus de 2 000 mètres, étant déjà à une centaine de kilomètres de la base, je donnai le signal « virage à droite » pour essayer mes manœuvres. Toute l'escadre vint en grand sur la droite, sans flottement. Satisfait, je remis le cap sur la ville ennemie qui était mon but de bombardement.

« Au passage des lignes, l'altimètre indiquait 3 000 mètres et le canon commençait à nous donner la chasse. De gros obus fusants éclataient presque au milieu de mes avions et c'est pourquoi je tentai encore d'augmenter l'altitude; mais alors un flottement se fit sentir dans toutes les lignes et je dus remettre au plus vite en vol horizontal.

« A ce moment, le troisième avion de la quatrième ligne n'obéissant pas, vint en grand sur la droite sans heureusement jeter le trouble dans sa ligne et se mit à descendre en piqué; je pense que son moteur devait être grippé car il semait derrière lui une traînée de fumée.

« Sans plus m'occuper de lui je fonçai avec le reste de l'escadre vers mon but en me rapprochant le plus possible des dernières lignes, de façon à me confondre avec elles et à ne pas m'exposer isolément aux coups de la défense.

« Les ennemis, trompés par l'ordre parfait de la marche et ne croyant pas avoir affaire à des avions non armés n'osèrent pas attaquer avec leur aviation

de chasse, ce qui fait que les zones de barrage d'artillerie franchies, nous eûmes une tranquillité relative.

« Divers autres incidents se produisirent qui n'eurent pas d'autre suite



BOMBARDEMENT AÉRIEN D'UNE ESCADRE D'AVIONS.

Les artilleurs déclanchent leur barrage aérien sans voir le but, enfermés sous une coupole cuirassée, à l'épreuve des grosses bombes d'avion; ils tirent très rapidement un grand nombre d'obus fusants qui font un véritable mur d'éclatements au travers duquel rien ne peut passer. La hauteur et les corrections leur sont téléphonées par des observatoires disséminés dans la plaine.

fâcheuse que la fuite d'un avion de l'extrême-aile gauche qui, au moment où j'avais lancé l'ordre d'obliquer sur la droite, n'a pas obéi et a continué sa route droit devant; peut-être avait-il eu quelque commande rompue par un éclat d'obus, ou avait-il perdu son antenne?

« Arrivé au-dessus de la ville de X... la canonnade reprit, mais à ce moment, non sans une grande émotion, je lançai le signal de descente piquée à tous mes engins; en même temps que je braquais à fond les gouvernails de profondeur en descente, ceux de direction à droite, je coupais tous les moteurs. Immédiatement l'escadre entière, se mettant en vrille descendit sur la ville, tandis que l'ennemi surpris arrêta sa canonnade, ne comprenant rien à la manœuvre de ces avions qui venaient se jeter sur lui.

« Je me hâtai de faire demi-tour pour éviter les remous formidables qu'allait déclencher dans l'air la déflagration de mes 60 avions bourrés d'explosifs et je mis le cap sur notre base.

« J'avais à peine fait quelques centaines de mètres en gagnant de la hauteur pour me mettre à l'abri du canon, qu'une série de détonations effroyables — tellement rapprochées qu'elles semblaient n'en faire qu'une — se fit entendre, soulevant d'énormes vagues aériennes dont les ondes successives me secouèrent pendant longtemps.

« J'aurais voulu constater de mes yeux l'effet de l'expédition mais au moment où, ayant de nouveau pris de l'altitude je manœuvrais pour retourner sur la ville ennemie, je fus en butte aux attaques de plusieurs avions de chasse, venant à grande hauteur du sud-est, et obligé, pour ne pas me voir couper la retraite, de regagner nos lignes sans délai.

« Ces résultats ont dû être terrifiants car le plus grand nombre des avions de l'escadre est certainement tombé en plein sur la ville. »

Signé : Lieutenant X..., commandant l'Escadre de bombardement diurne non montée.

C'est à peu près dans ces termes que sera rédigé le rapport d'un officier pilotant l'avion-berger conduisant à sa besogne de destruction l'escadre des avions-troupeau.

Mais ce que ne dit pas le rapport, c'est la terrible tâche qu'ils accompliront.

Que l'on imagine 50, 100 (plus encore) avions, dont la carlingue, débarassée de tout impedimentum (sauf les réservoirs à essence et huile, d'ailleurs réduits à la contenance calculée strictement suffisante pour effectuer le parcours envisagé), serait bourrée d'explosifs, acide picrique, trinitrotoluol, nitroglycérine stabilisée, etc., ou bien encore de mélanges incendiaires insensibles à l'eau, tels que composés phosphoreux ou ces poudres thermit qui, en plus d'une combustion extrêmement vive laissent un résidu de métal fondu de plusieurs milliers de degrés de température et qui allument tout corps combustible sur son passage, même certains métaux; ou bien encore de gaz asphyxiants liquéfiés et contenus dans de grands cylindres d'acier.

Espérons que nous ne verrons pas de longtemps les escadres sans pilote accomplir ces terribles prouesses et que la remarquable invention qu'elles utilisent trouvera un emploi plus utile et moins meurtrier dans les œuvres de la paix telles que celles que nous avons indiquées : le transport à haute altitude des messageries et des postes, ainsi que la traversée des déserts et des océans, pour le plus grand bien de notre Humanité.

Et que l'on ne dise pas que c'est là une rêverie utopique, que la direction

certaine des avions non montés n'est pas au point, qu'elle ne sera vraiment pratique que dans un lointain avenir, et peut-être jamais; que de l'aveu des inventeurs eux-mêmes la solution du problème est d'une extrême complexité, et qu'en tout cas, il ne sera pas possible de manœuvrer individuellement chacun des avions de la troupe; qu'obéissant tous ensemble aux mêmes ordres, il ne serait pas possible d'en faire descendre un et monter un autre, etc.

Patience, patience! Certes la tâche est ardue, mais le problème est connu dans toutes ses données et la solution est trouvée dans son principe, le reste viendra en son temps..., le reste, c'est-à-dire la simplification des organes, la sûreté du fonctionnement, l'individualisation des commandes de chaque engin, etc.

Un perfectionnement, insensible à son début, une invention tout d'abord étrangère à cet objet, une matière nouvelle et tout se simplifiera et se facilitera aussitôt! C'est l'histoire de toutes les inventions.

Branly trouve son cohéreur, son tube à limaille d'argent; aussitôt naît la télégraphie sans fil et l'ébauche de la télémechanique. Mais en dépit des efforts de tous les Marconi, les Ducretet, les Psopoff, cette radiotélégraphie semble n'être qu'un divertissement scientifique, trop fantasque, trop infidèle pour détrôner le vieux conducteur métallique, le coûteux câble sous-marin.

Et tout d'un coup, la découverte du détecteur à cristal et surtout l'invention de la lampe à trois électrodes fait de cette brutale, infidèle, balbutiante télégraphie, la plus douce, la plus nuancée, la plus fidèle, la moins coûteuse téléphonie sans fil, dont le développement devient aussitôt fantastique.

Il en est de même pour toutes les créations du génie humain quelles qu'elles soient. Elles se prêtent un mutuel appui, en philosophie, en science, en industrie. Nul ne peut prévoir, à l'apparition d'un progrès nouveau, à la naissance d'une invention, pour minimes qu'ils puissent paraître à leur origine, quelle sera leur répercussion sur la vie générale de l'Humanité.

L'histoire est pleine de ces miracles. Et ce n'est pas sans raison que les historiens ont mis au premier rang, parmi les causes du bouleversement qui a secoué l'humanité du moyen âge, pour enfanter la Renaissance, façonner les Temps modernes, et creuser l'abîme qui les sépare, ces trois inventions : le papier, la poudre à canon, la boussole!

Et que dire de l'évolution vertigineuse des temps où nous vivons! Quel en est l'agent principal? c'est l'électricité succédant à la vapeur!

Un savant frotte un bâton de verre avec une peau de chat, un artisan voit se soulever le couvercle de sa marmite sous la poussée de la vapeur d'eau, et c'en est fait de toute une civilisation : c'est l'apparition d'une nouvelle humanité!

Il en a toujours été ainsi : l'arc et la flèche ont donné l'empire du monde aux Égyptiens et aux Asiatiques, et la voie romaine, le rail de pierre a fait la grandeur et la puissance de Rome, avant d'être cause de sa décadence et de sa mort! Tant que la Ville éternelle est restée sage et forte, ses voies romaines lui ont permis de porter partout et très vite sa civilisation, ses ordres, ses légions et ses coups. Mais lorsque, abandonnant sa rude discipline et ses antiques vertus, elle est devenue la proie des étrangers corrupteurs, alors ses voies n'ont plus été que les canaux d'amenée de ce levain destructeur avant d'être le déversoir de l'irrésistible flot des Barbares.

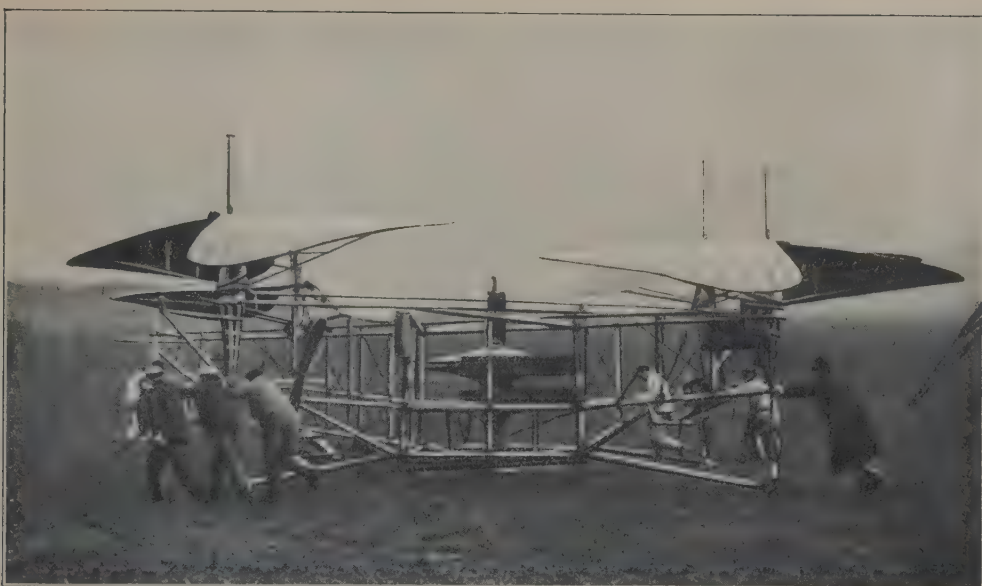


Photo Mourisse.

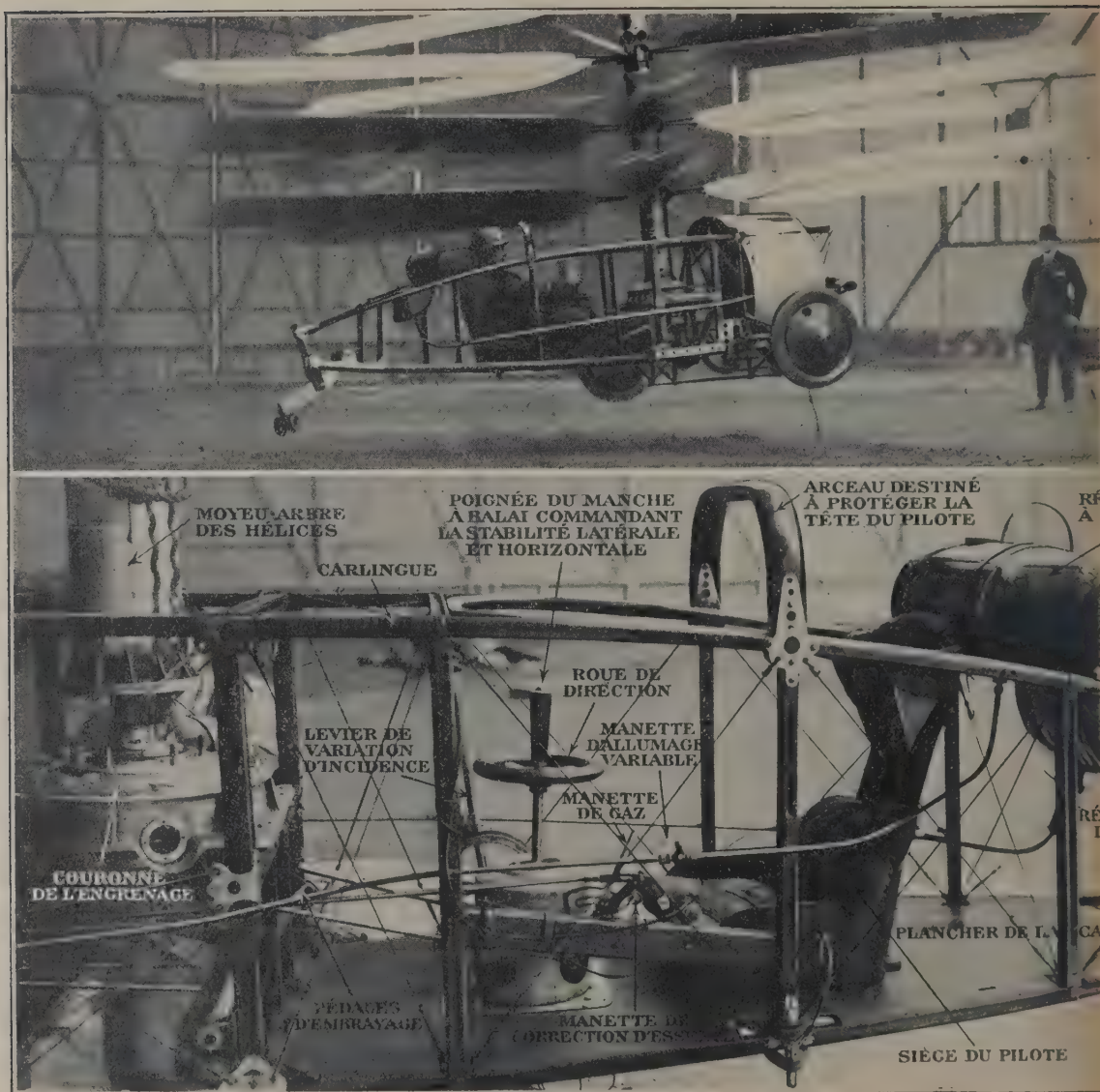
UN HÉLICOPTÈRE EHMICHEN AMENÉ SUR SON TERRAIN D'EXPÉRIENCES.

Le bâti, de forme cruciale, porte à chaque branche une hélice sustentatrice, dont chaque pale est construite comme une aile de monoplane.

HÉLICOPTÈRES

ON nomme ainsi, hélicoptère, par opposition à aéroplane, un appareil de navigation aérienne dont toute la force de sustentation est fournie par une ou plusieurs hélices qui, au lieu de mouvoir en avant comme dans un avion ordinaire, tirent directement dans la verticale. On voit tout de suite l'avantage que pourrait présenter ce dispositif, car l'engin s'élevant verticalement sous la traction de son hélice et non par un glissement sur la couche d'air à grande vitesse comme l'aéroplane proprement dit, n'aurait par conséquent pas besoin d'un vaste terrain pour s'envoler ni pour atterrir; dans la brève description que nous avons faite des avions, nous avons vu en effet que ces appareils ne pouvaient quitter le sol que lorsqu'ils étaient animés d'une vitesse assez grande pour que la réaction de l'air sous la face inférieure des plans soit suffisante pour les maintenir en l'air, et que, pour atterrir, ils doivent prendre contact avec le sol, suivant une oblique très voisine de la parallèle, pour amortir leur force vive et ne pas se briser par un brusque contact avec la terre.

Ces conditions déterminent la plupart des inconvénients et des dangers de la navigation aérienne par le plus lourd que l'air car le plus grand nombre d'accidents et les plus dangereux, pour ne pas dire tous les accidents, proviennent de la difficulté à s'élever que présentent des avions lourdement chargés et qui, par conséquent, nécessitent à leur usage un large espace découvert libre de tout obstacle. L'atterrissage est aussi très dangereux, lorsqu'il est commandé

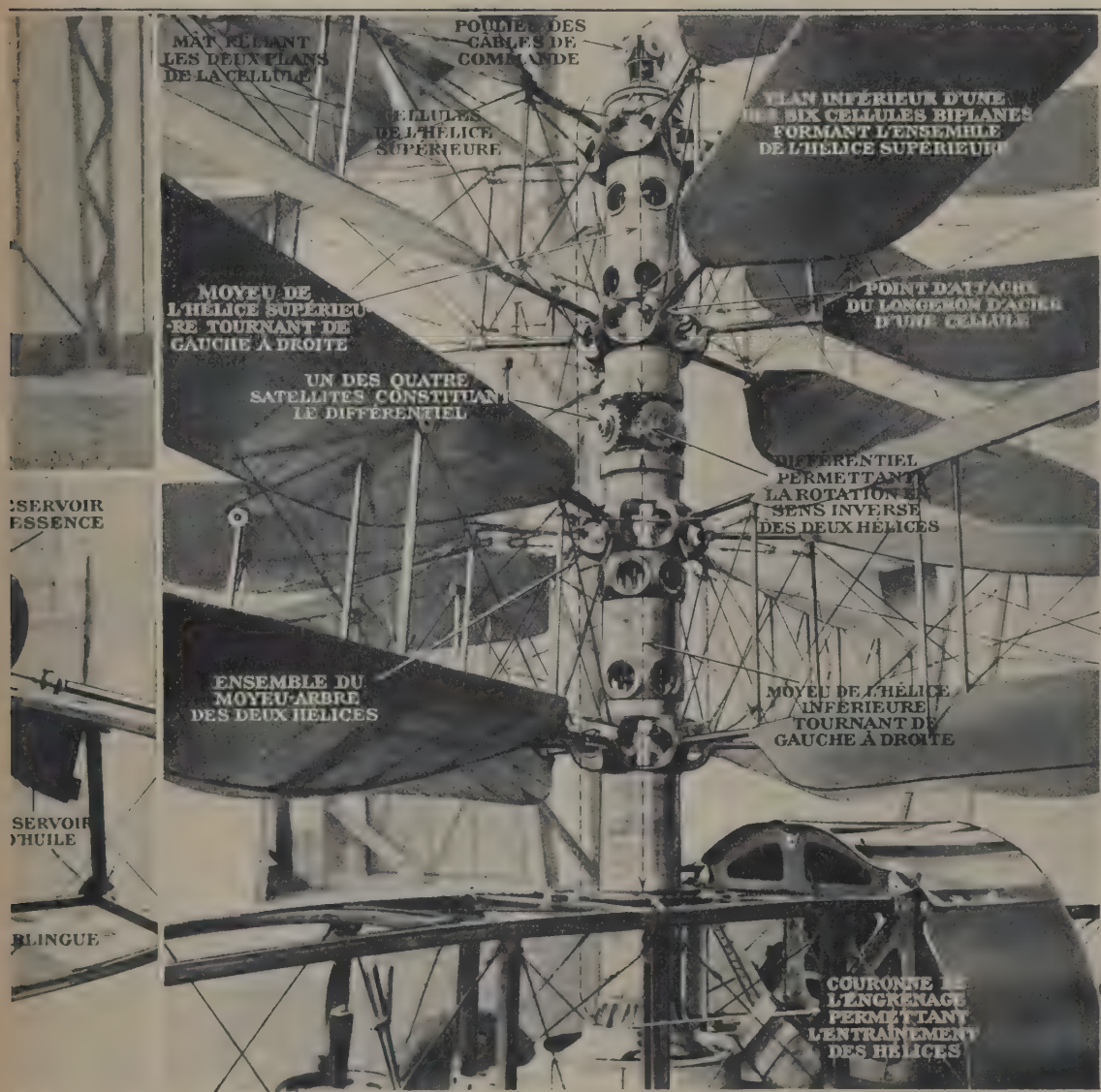


L'HÉLICOPTÈRE DE

Cet appareil qui a donné plus que des espérances est dû à l'ingénieur espagnol Pascara, de Barcelone; il a été construit sous la surveillance et avec l'aide de la Section technique de l'Aviation française.

Il se compose essentiellement de deux grandes hélices sustentatrices formées chacune de six pales biplanes qui sont comme autant de petits aréoplans biplans, croisillonnées et haubannées à la manière d'une cellule ordinaire, sauf que le longeron principal ou antérieur, situé au tiers environ de la surface, vers l'avant, dépasse l'aile et est mobile autour de son point d'attache sur le mat central; nous verrons tout à l'heure pourquoi.

La carlingue, en forme de fuselage d'un avion ordinaire contenant le moteur, le poste de pilotage et les organes de commande. L'appareil de sustentation proprement dit est constitué comme nous l'avons dit, par deux grandes hélices enfilées sur un axe commun, qui est, comme un mât, placé au centre du fuselage.



L'INGÉNIEUR PESCARA.

Elles tournent en sens inverse pour éviter que la réaction ne fasse mouvoir l'ensemble de la partie non motrice en arrière, ce qui arriverait s'il n'y avait qu'une hélice ou si les 2 hélices tournaient dans le même sens.

Ce changement du sens de la rotation s'obtient facilement à l'aide de pignons et de satellites, comme dans un différentiel d'automobile.

L'équilibre vertical s'obtient comme il est expliqué dans le texte, par gauchissement des cellules constituant les pales des hélices sustentatrices; en augmentant l'incidence des plans du côté où l'on penche, on rétablit la verticale.

L'entraînement latéral ou cheminement dans le sens horizontal s'obtient soit par le même moyen, soit par inclinaison de tout l'appareil.

par les circonstances, comme par exemple par une panne de moteur obligeant à atterrir dans un terrain quelconque; il est bien rare dans ce cas que l'avion, surtout s'il est lourdement chargé, puisse échapper à la destruction, car il suffit d'un arbre, d'un caillou quelquefois ou d'une ornière cachée sous l'herbe, si ce n'est l'herbe elle-même, pour occasionner son capotage, sa rupture et aussi, hélas, quelquefois, l'incendie!

L'hélicoptère, lui, s'élevant perpendiculairement, ne connaît pas ces inconvénients et ces dangers; mais il en est d'autres qui ont rendu jusqu'à maintenant sa mise au point impossible et reculé son entrée dans la pratique.

Tout d'abord, disons qu'aucune impossibilité de principe ne se présente pour la réalisation d'un pareil instrument.

En effet, si l'on suppose une hélice suffisamment puissante pour enlever en même temps que son propre poids celui des accessoires et des moteurs, elle devra se visser dans l'air; on peut considérer les pales de cette hélice construites comme une aile d'avion; il devient alors très compréhensible que l'appareil tout entier se comportera comme un avion montant en suivant un trajet en vrille très serré.

Et d'ailleurs, cela a été la première solution qui est venue à l'esprit des inventeurs. Louis Bréguet avait imaginé il y a plusieurs années déjà un hélicoptère de cette sorte, fort ingénieux, qui se composait d'une immense croix à l'extrémité de chaque branche de laquelle se trouvait une hélice formée d'un petit avion biplan tournant autour d'un axe.

Le succès des avions ordinaires de Bréguet le détourna de ces travaux arides et son idée en resta là.

Tout récemment elle a été appliquée sous une autre forme comme nous le verrons dans la description des principaux types d'hélicoptères ayant véritablement évolué dans les airs.

Mais avant de donner une brève description de ces appareils, voyons quels sont les principaux inconvénients qu'ils présentent.

Tout d'abord la descente en cas de panne de moteur.

Quand, dans un avion ordinaire, le moteur s'arrête, le pilote se contente de mettre son appareil en vol plané et cela ne présente aucune espèce de danger (sauf bien entendu celui qui tient à l'absence possible d'un terrain propre à l'atterrissage, dans l'espace de huit ou dix fois sa hauteur et qui est la distance dans laquelle un avion en chute libre peut choisir son point d'atterrissage). Cela se conçoit, car alors même que le moteur de l'avion s'arrête, celui-ci dispose (grâce à la forme de ses plans et au point d'appui qu'ils prennent sur l'air), d'une force égale à celle qu'il a dépensée pour s'élever à l'altitude où il se trouve au moment de l'accident; il est, à ce moment comme un ressort bandé ou le poids moteur d'une pendule remonté au bout de son câble.

Dans l'hélicoptère, rien de semblable. Si une panne de moteur vient à immobiliser les hélices sustentatrices, c'est-à-dire celles qui, se vissant dans l'air, verticalement, en soutiennent le poids, l'engin ne possédant pas de surface de glissement tombera vers le sol comme une pierre: c'est à peine si lesdites hélices sustentatrices tournant en sens inverse sous la poussée de l'air, pendant la chute, freineront cette dite chute mais jamais au point de la rendre inoffen-

sive (à moins toutefois que l'on ne dispose, dans ces hélices, de surfaces considérables).

Un autre inconvénient réside dans la difficulté de la marche horizontale.

Quand l'hélicoptère étant arrivé à la hauteur fixée par son pilote, il s'agit de le faire progresser dans le sens horizontal, le problème se complique du mau-



Photo Rol.

L'HÉLICOPTÈRE DE PESCARA EN PLEIN VOL.

A remarquer les 2 hélices à 6 pales, le train d'atterrissage à 2 roues avec les essieux prolongés, la béquille, le poste du pilote et l'arceau de protection, etc., etc.

vais rendement des hélices sustentatrices dans un vent horizontal. Si cette progression est obtenue par l'inclinaison de tout l'appareil, c'est au détriment de sa force ascensionnelle, et si c'est au contraire une hélice accessoire verticale qui l'entraîne dans sa course, l'hélice sustentatrice voit sa puissance diminuer d'autant.

Parmi les appareils ayant réellement volé on en cite trois : le Botheziat,

l'Æhmichen et le Pescara, surtout ces deux derniers qui ont accompli un vol en circuit fermé : l'Æhmichen ayant volé cinq minutes, en circuit fermé de 120 mètres, atterrit à un endroit fixé d'avance et le marquis Pateras de Pescara ayant, lui aussi, accompli une boucle complète et tenu l'air pendant plus de dix minutes.

La formule de ces deux appareils est très différente. Celle d'Æhmichen rappelle la disposition que nous avons décrite à propos du Louis Bréguet, c'est-à-dire quatre hélices monoplanes situées aux extrémités de deux arbres en croix ainsi que l'on peut le voir sur le dessin placé en tête du chapitre.

Quant au Pescara, il répond à une formule un peu différente et vraiment nouvelle.

Il se compose en toute simplicité de deux hélices tournant en sens inverse et montées sur le même arbre vertical.

Ces hélices, biplanes, à quatre ou cinq pales sont en réalité de véritables petits avions.

L'arbre creux vertical reçoit son impulsion d'un moteur situé dans une carlingue dont la forme rappelle celle d'un avion ordinaire.

L'originalité du système réside dans le mode d'équilibrage et de direction de l'appareil qui s'obtient grâce au gauchissement des cellules biplanes composant chaque pale d'hélice.

Si par exemple l'avion vient à pencher à droite, immédiatement le pilote en tirant sur un manche à balai analogue à celui d'un avion, gauchit, c'est-à-dire augmente l'incidence et par conséquent la portance de l'hélice du côté où se fait ce gauchissement.

L'appareil de transmission est constitué par une couronne mobile sur roulements à billes qui soulève une came, laquelle agit sur le longeron principal de chaque pale qui lui-même, porte, enfilées, les nervures sur lesquelles est tendue la toile vernie qui constitue la surface volante.

Le même dispositif est employé pour redresser l'engin, le braquer, de même qu'à rétablir l'équilibre quand il est troublé, puisque on peut agir dans les deux sens (latéralement et d'avant en arrière).

Pour la translation horizontale, l'inventeur prétend qu'il suffit d'incliner l'axe vertical de l'hélicoptère dans le sens vers lequel on veut aller. En effet, la théorie nous enseigne que dans ce cas la force sustentatrice se divise en deux composantes dont une sert à la sustentation et l'autre à la translation. Cependant, nous ne croyons pas que ce système puisse donner une vitesse suffisante en vol horizontal, mais c'est là un autre ordre de difficulté qu'on trouvera à résoudre quand le desideratum principal que l'on demande à l'hélicoptère sera résolu, c'est-à-dire qu'il montera sans difficulté à la verticale et pourra descendre légèrement pour atterrir sans choc.

Pour modérer cette ascension, Pescara, jusqu'à ces temps derniers se servait de la manette des gaz, c'est-à-dire qu'il réduisait ou renforçait l'action de son moteur; mais ce moyen étant trop brutal et manquant de précision, la manœuvre s'opère aujourd'hui en faisant varier l'incidence des pales de l'hélice, c'est-à-dire en augmentant ou en diminuant la courbure de toutes les pales simultanément et pendant toute leur rotation, tandis que le gauchissement, lui, n'agit que pendant une fraction de tour de l'hélice.

Une des difficultés principales de la manœuvre de l'hélicoptère, consiste à parer à une défaillance subite du moteur, à une panne.

Nous avons vu que dans le cas d'un avion, la question ne présentait aucune difficulté, le pilote ayant à sa disposition la pesanteur qui, de même qu'un ressort bandé par l'ascension est à sa disposition pour assurer le planement de l'engin.

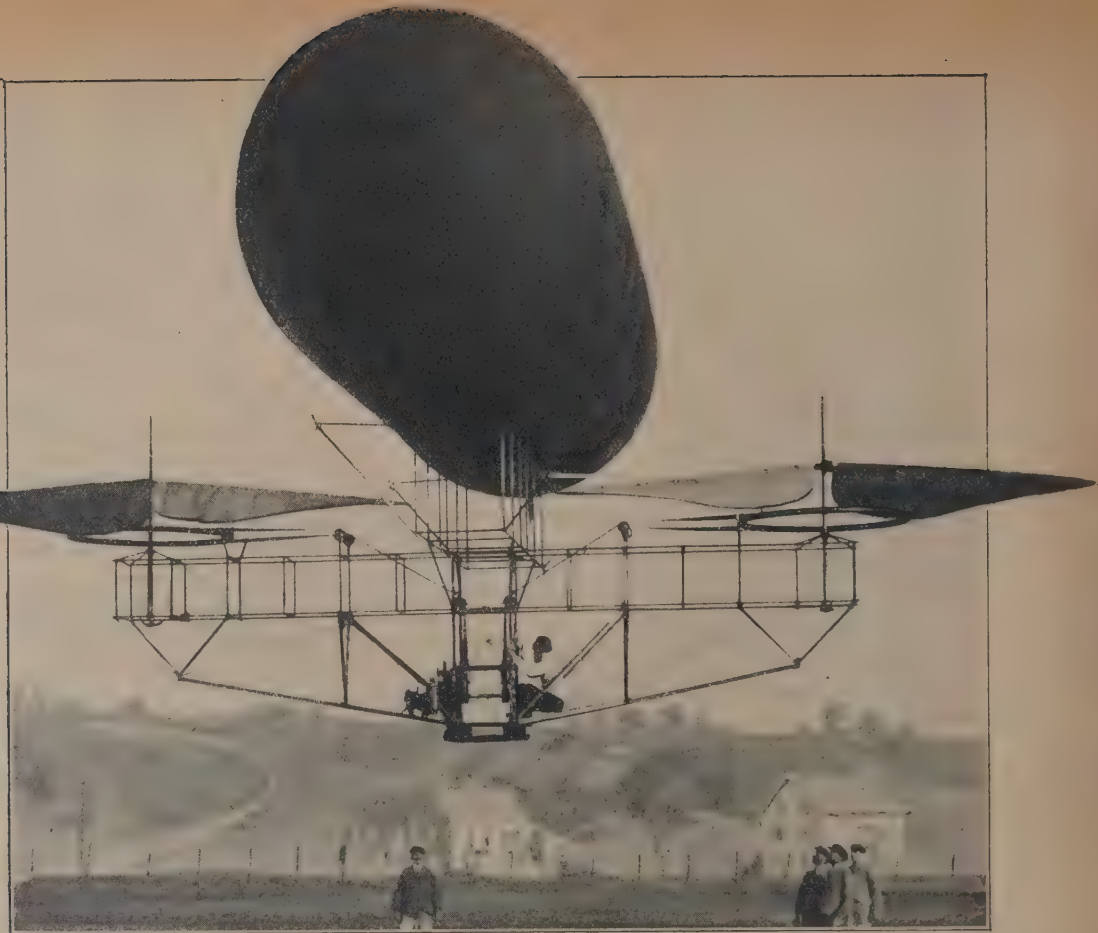
Dans l'hélicoptère dépourvu de plans glisseurs, les choses se passent tout autrement et sitôt le moteur arrêté, l'engin retombera sur le sol sans aucun amortissement. Pescara a prévu dans ce cas le débrayage des hélices qui se mettent à tourner sous l'effet du vent relatif causé par la chute de l'appareil et qui commencent à freiner ladite chute: quand l'appareil arrive au voisinage du sol, son pilote inversant d'un seul coup l'incidence des ailes utilise la force emmagasinée par elles pendant leur rotation comme celle d'un volant, pour retenir l'hélicoptère à quelques mètres du sol sur lequel il se pose doucement.

Cependant, nous croyons devoir faire remarquer que vu la faible masse des ailes, leur grande résistance à l'avancement et la grande vitesse de rotation qu'elles devraient présenter pour avoir un effet utile au moment du renversement de marche, ce moyen d'atterrissage nous paraît assez peu efficace.

M. Pescara en propose un autre d'ailleurs tout à fait analogue à celui des avions. Il gauchit ses ailes de façon à incliner l'appareil et descend ainsi selon une oblique très allongée jusqu'à son point d'atterrissage.

Il est indéniable que ces trois appareils que nous venons de citer présentent un réel progrès et laissent entrevoir la solution du problème; mais nous ne croyons pas que ce problème soit pour l'instant résolu et qu'en dehors de quelques applications étroitement limitées, l'hélicoptère soit d'ores et déjà un instrument pratique de navigation aérienne





LA MISE AU POINT D'UN HÉLICOPTÈRE.

Pour éviter le danger d'une telle ascension et la chute par arrêt des moteurs, l'inventeur a eu l'idée de suspendre son appareil d'essai à un ballon ordinaire qui ne sert qu'à supporter statiquement le poids de l'ensemble sans concourir autrement à la montée.

LE VOL A VOILE

C'EST par le vol à voile que, avec Lilienthal, Chanute et d'autres précurseurs, les recherches d'aviation vraiment pratique ont commencé et Lilienthal lui-même, avant de se tuer dans une expérience, avait effectué plus de 1 000 vols.

Ayant construit un planeur en forme d'ailes de chauve-souris, au moyen d'une légère armature de bois recouverte de mousseline, il se lançait du haut d'une tour et allongeait de plus en plus son vol plané. Quelquefois même il avait réussi à s'élever, très légèrement il est vrai, au-dessus de son point de départ.

Plus tard, les Wright, en Amérique, les Ferber, les Voisin, les Archdeacon en France usèrent du même moyen d'expérience mais aussitôt que le moteur léger permit l'essor aux aéroplanes, on abandonna ces études.

Après la guerre, pour réagir contre la tendance régnante qui consistait à

toujours diminuer la surface de la voilure, tout en augmentant démesurément la force des moteurs, on reprit un peu partout les essais de vol plané.

Les Allemands, privés par le Traité de Versailles de toute aviation à moteur pendant un certain délai, poussèrent très loin les études dans ce domaine et l'on apprit un jour que l'un d'eux avait volé plus d'une demi-heure sans le secours d'aucun moteur.

Ces succès causèrent une grande sensation et en France on se mit avec ardeur à la pratique du nouveau sport.

Les meetings se succédèrent et de progrès en progrès, laissant loin derrière nous les concurrents allemands, anglais et américains, notre champion Maneyrol s'adjugea le record du monde avec le temps de plus de trois heures.

Voici comment se pratiquait ce sport :

Ayant choisi une région moyennement accidentée où une succession de vallées et de collines largement ondulées créait des vagues aériennes, c'est-à-dire une série de courants ascendants, l'avion sans moteur était lancé du haut d'une colline à l'aide d'un câble élastique appelé sandow (qui est cette corde en caoutchouc dont nous avons parlé à propos des amortisseurs d'avions). Le pilote se trouvait brusquement lancé dans les airs et là, grâce à son habileté à utiliser les courants ascendants, grâce à la légèreté et à la maniabilité des appareils conçus pour cet usage, grâce encore aux rafales de vent qui soulevaient les avions brusquement et qui, ensuite, permettaient, au pilote d'utiliser la hauteur ainsi gagnée pour allonger son vol plané, grâce encore à l'incomparable adresse de nos champions, le séjour en l'air pouvant être prolongé, comme nous l'avons vu, pendant plusieurs heures, le lieutenant Thoret se maintint ainsi plus de huit heures en l'air.

Ces expériences soulevèrent un grand enthousiasme et dans le public on crut un instant que le vol à voile depuis si longtemps désiré par les hommes pour imiter les grands oiseaux voiliers et conquérir définitivement l'Empire des airs sans le secours d'un moteur lourd, capricieux et fragile, était enfin réalisé.

Il fallut bien hélas revenir de ces trop beaux espoirs. Le vol à voile n'a pas donné tout ce que l'on pouvait en attendre dans la pratique ou, pour mieux dire, n'a abouti à aucun résultat pratique.

Quand on parlait du vol à voile à un profane, il s'imaginait aussitôt que l'on pouvait se diriger sans moteur de même qu'un navire à voile vogue sur l'eau. C'est une grave erreur; pour que l'avion se maintienne en l'air il est nécessaire qu'il ait à sa disposition des courants ascendants et des rafales intermittentes, sans pouvoir comme le navire sur l'eau, choisir sa route. Est-ce à dire que tout cela a été inutile? Tout ce travail perdu? toutes ces recherches sans fruits et toutes ces morts, hélas, sans résultat? non.

L'aviation en général a gagné à ces études de pouvoir perfectionner la voilure de ses engins dans le sens d'une plus grande finesse de forme et c'est grâce en partie au vol à voile que nous sommes redevables de la naissance de l'avionnette, c'est-à-dire l'avion à moteur de très faible puissance (de l'ordre de cinq à dix chevaux) que nous voyons prospérer aujourd'hui.

QUE SERA LA VIE DE FAMILLE DANS QUELQUES ANNÉES?

NOUS avons vu dans un autre chapitre une application facile et un peu humoristique de l'électricité que la bonne humeur de nos amis a dénommée : Baptisto, le valet de chambre électrique. Mais cela est déjà du passé.

Au train où vont les choses, quelle sera notre vie dans vingt ans et, tout d'abord, quelle sera notre vie dans l'intimité?

Il est certain que, de plus en plus, le foyer individuel ou familial tendra à disparaître ou tout au moins à restreindre son particularisme à certains actes de la vie, mettant en commun toute la partie non intime, matérielle si l'on peut dire, de l'existence.

De même que le chauffage central, en généralisant un service particulier, a supprimé l'âtre ancien, l'antique pierre du foyer où battait vraiment le cœur de la famille, de même les nécessités de la vie moderne, tournée de plus en plus vers l'industrialisation des services communs, supprimeront la plus grande partie de l'existence retirée et particulière au profit de l'existence, non point « sociale » mais « groupale ».

C'est-à-dire que le coût croissant des loyers, des denrées, et surtout des services humains joints aux besoins sans cesse plus répandus d'un minimum de confort et de luxe, obligera les familles à se réunir pour mettre en commun leurs ressources en vue de l'exécution de toutes les corvées d'ordre général, par exemple : corvées d'entretien des locaux (principalement à l'aide de machines, bien entendu, dont le coût serait trop élevé pour un seul ménage), achats en commun; tout le ravitaillement, la préparation des aliments, le blanchissage, etc. Une salle de réunions commune économisera le combustible et la lumière.

Des salles de jeux, des jardins d'enfants réuniront toute la jeune population du moderne phalanstère et les ménages qui l'habiteront ne se retireront dans leur privé que pour la nuit.

Cela permettra une assez grande extension du confort et même d'un luxe relatif, sans parler de l'hygiène; bains-douches, piscines, etc., desserviront toutes les familles d'un même immeuble, lequel immeuble, bien entendu, sera bien plus grand que ceux que nous avons la coutume de voir actuellement, et peut-être bâtis un peu sur le modèle des « Sky-Scrapers » américains.

Dans le privé lui-même, point de domestiques; un système de boutons, de voyants et de microphones, des récepteurs téléphoniques aux portes se chargeront de recevoir les visiteurs et d'ouvrir l'huis à ceux qu'on voudra accueillir; les autres trouveront vraiment porte et visage de bois.



MACHINE A LAVÉ LA VAISSELLE.

Les assiettes, plats, légumes, etc., sont disposés dans un panier en fil de fer; un violent jet d'eau les fait tourner, à la manière des aubes d'une turbine et le nettoyage se fait grâce à ces mouvements, successivement, dans de l'eau



de « cristaux de soude », de l'eau de savon bouillante, et finalement de l'eau chaude de rinçage.

Le carrelage, les mosaïques, les parquets, seront lavés par la maîtresse de maison elle-même (une bonne sera un luxe de milliardaire) sans fatigue et sans malpropreté à l'aide d'une brosse à injection d'eau, d'un torchon à torsions mécaniques, etc., etc.

Les parquets seront grattés, encaustiqués et cirés avec la cireuse électrique.

Le peu de vaisselle que le ménage moderne utilisera dans son privé de même que la vaisselle collective d'ailleurs, sera lavée, rincée, essuyée avec des machines dont nous avons vu tant d'exemples intéressants au dernier salon des appareils ménagers.



ROBINET ÉLECTRIQUE DONNANT INSTANTANÉMENT DE L'EAU CHAUDE (PASSAGE DANS UN RADIATEUR ÉLECTRIQUE).

Le linge, pour les grosses pièces, sera blanchi dans des buanderies communes aux maisons ou à un groupe de maisons.

Pour les petites pièces d'un usage journalier, elles seront lessivées dans l'office même à l'aide d'une de ces nombreuses machines qui lavent, séchent et repassent le linge en empruntant leur force à un petit moteur électrique branché sur le courant d'éclairage.

Cirer les chaussures — qui, jusqu'à aujourd'hui était une des marques les moins agréables de la servitude, qui était vraiment la besogne servile par excellence — s'exécutera sans les soins d'un serviteur. Il n'y aura qu'à introduire ses pieds dans la cireuse automatique — après avoir veillé à ce que le réservoir à cirage ne soit point vide —

et à tourner le commutateur, pour ressortir ses pieds luisants d'un éclat tout neuf.

Dans les services généraux eux-mêmes d'une maison ou d'un groupe de maisons, la cuisine sera le domaine de toute une machinerie qui paraît peut-être aux retardataires un peu compliquée, mais qui est vraiment pratique.

D'ailleurs, le simple fourneau à gaz de nos provinces les plus reculées aurait paru à nos grand'mères — habituées au charbon de bois et aux flammes de sarment — un appareil d'une nouveauté scandaleuse, voire diabolique.

Done, jetons en passant un coup d'œil dans la cuisine de notre phalanstère; ce qui nous frappe tout d'abord c'est, le long des murs, de grandes armoires froides à différents degrés de réfrigération pour contenir les aliments périssables; les unes, véritables frigorifiques, peuvent conserver pendant plusieurs mois les viandes et les poissons arrivés d'outre-mer dans des navires spéciaux; les autres, simples glacières, sont réservées pour les légumes et les fruits.

D'autres enfin sont de simples armoires fraîches dans lesquelles sont entreposées les primeurs dont la consommation est imminente et qu'un froid trop accentué ou une dessiccation trop prolongée risqueraient d'altérer en leur enlevant leur saveur.

Nous voyons à la suite, dans les éta-

blissements d'une certaine importance, des paneteries, suite d'appareils automatiques dans lesquels on met d'un côté, soit des farines, de l'eau, du sel, du levain, soit ces mêmes ingrédients et du blé non moulu qui donnent à l'autre bout des bons pains dorés à point par leur passage dans un four catalytique.

On construit maintenant telles de ces paneteries où il est vraiment



TORCHON A SERRAGE MÉCANIQUE. QUAND LE TORCHON EST IMBIBÉ DE L'EAU SALE QU'IL A RAMASSÉE EN LAVANT LE PARQUET, UNE SIMPLE TORSION DE LA POIGNÉE L'EN DÉBARRASSE.



CABINET DE TOILETTE DE LA MAISON MODERNE.

Ce cabinet, salle de bains, équipée uniquement avec des appareils électriques comprend tous les ustensiles usuels, mais fonctionnant par le courant électrique, tels que chauffe-bain, robinet à eau stérilisée et à eau chaude, tapis chauffants, masseurs vibratoires, fers à friser, etc. etc.

curieux de voir la rapidité de transformation du grain de froment en pain, avec seulement, comme intervalle de temps entre l'entrée et la sortie, celui qui est nécessaire à l'ensemencement et à la prolifération des levures qui assurent la panification.

Nous voyons ensuite la série des machines à préparer les aliments, c'est-à-dire : laveurs, éplucheurs divers pour les légumes, hacheurs, saleurs, dégraisseurs, pour les viandes; après quoi nous tombons dans le domaine à proprement parler du maître-coq : le fourneau.

Mais voilà vraiment un mot suranné et prétentieux à la fois pour désigner les cuiseurs modernes. Foin de ces brasiers devant lesquels tournaient les « strophes de rôtis » du bon Ragueneau : foin même de ces cuisinières gigantesques

vomissant des torrents de fumée et de feu et que le maître-coq surveillait, la sueur au front, la louche à la main, comme un artilleur ses canons.

Les cuiseurs modernes sont de tous petits appareils silencieux, propres, nets, sans flammes ni fumée. L'électricité est l'âme qui les anime.

Les cuiseurs ou rôtisseurs sont chauffés par des résistances (nous avons vu dans un autre chapitre ce qu'il fallait entendre par là) ou bien même par des électrodes plongeant directement dans le liquide; c'est le cas des grandes marmites à pot-au-feu dont le couvercle hermétique soigneusement maintenu par des écrous, fait un véritable autoclave.

La cuisson du pot-au-feu des familles qui demandait autrefois des heures d'ébullition lente sur la cendre chaude, en est réduite à quelques cinquante ou soixante minutes.

Quant aux fours et grils divers, de formes variées suivant les pièces de viande, volailles ou gibiers, qu'ils sont destinés à cuire, ils présentent une particularité vraiment curieuse, c'est de se mettre d'eux-mêmes en veilleuse sitôt que leur chargement est cuit.

Voilà notre repas apprêté. Des monte-charge et des wagonnets pourront le distribuer dans les divers réfectoires (pour les nababs, salle à manger privée); les mêmes wagonnets, les mêmes monte-charge redescendront la vaisselle sale (terreur, autrefois, des maîtresses de maison autant que des servantes) qui passera dans un tunnel où une série de jets d'eau carbonatée, chaude, puis froide, la lavera et la stérilisera, sans oublier que les déchets, les eaux grasses, seront automatiquement mis à part pour servir à l'engraissement des porcs.

Arrivée à la sortie du tunnel, la vaisselle propre et sèche sera remise en réserve par une foule d'appareils de distribution ingénieux qui mettront les assiettes avec les assiettes, les creuses et les plates, les saladiers avec les saladiers, les couverts avec les couverts, l'argenterie à part, etc.

Comme chaque fois que plusieurs familles sont réunies pour mener une vie sinon tout à fait commune du moins très rapprochée, des plaisirs en commun seront prévus.

A cet effet, une salle de réunion, voire un grand salon de réception sera muni des dispositifs simples permettant aux amateurs de jouer des charades, des proverbes ou même quelques petites comédies, sans parler des conférences, ni des tours, acrobaties, etc., sur un petit théâtre disposé pour cela.

La téléphonie sans fil sera surtout un divertissement individuel, car la simplicité de ses installations, la facilité de son usage feront que, à l'aide d'une antenne commune, tous les appartements privés pourront avoir leur récepteur.

Nous ne reviendrons pas sur les salles de récréation et les jardins réservés aux jeux des enfants; dans les phalanstères d'une certaine importance, une personne spécialement chargée de ce soin s'occupera de la première instruction et de la première éducation des enfants; ce sera en somme une sorte d'école.

Si, à première vue, une pareille existence peut paraître peu souhaitable, à notre hérédité casanière, et surtout à notre caractère français, assez farouchement individualiste, il est certain qu'après les premiers « tiraillements » dus à l'accommodation, les citadins s'habitueront progressivement à ce nouveau genre de vie, d'autant plus facilement que le changement se fera par étapes, ménageant les susceptibilités et favorisant l'accommodation progressive.

LE VALET DE CHAMBRE ÉLECTRIQUE

Nous avons vu avec quelques détails les applications vraiment formidables de ce nouveau serviteur de l'homme que l'on appelle l'électricité.

Il est piquant de suivre les services de ce fluide dans les tout petits détails de la vie domestique ou, grâce à l'ingéniosité de quelques-uns de nos chercheurs, il tend de plus en plus à remplacer les services humains trop onéreux.

Quelques savants et universitaires réunis à l'Exposition de Physique discouraient de la dureté des temps pour les chercheurs et les intellectuels; parmi ceux-ci, le P^r L... disait : « A l'Institut Lannelongue, celui qui est le plus richement rétribué de tout le personnel, sans exception, y compris bien entendu les professeurs et les chefs de laboratoire, c'est l'homme qui entretient le calorifère!... » Bien heureux encore, disait un autre professeur, que l'Institut puisse se payer le luxe et d'un calorifère et d'un homme pour l'entretenir, mais je connais tel laboratoire où les étudiantes font le ménage tandis que les étudiants vont casser le charbon pour garnir les poêles.

Nous ne sommes pas plus favorisés, dit un autre, dans notre vie privée; il devient impossible de se procurer cette collaboration matérielle qui déchargerait des soins de la vie de tous les jours notre esprit occupé à de plus hautes spéculations.

Un troisième dit : « Nous ne sortirons de cette situation pénible qu'en mettant au service de la vie pratique toutes nos connaissances et toute notre ingéniosité : nous devons réaliser des dispositifs pour effectuer toutes les besognes serviles. Un des interlocuteurs se mit à rire disant : « l'homme artificiel, le serviteur automatique? » alors, modestement, je pris la parole :

« Je ne crois pas, Messieurs, qu'il soit souhaitable de chercher à réaliser des automates perfectionnés, ces domestiques artificiels dont nous entretenons si volontiers les romanciers scientifiques; d'ailleurs ces automates perfectionnés sont et resteront, à mon sens, une utopie; mais combien il est plus facile de distribuer judicieusement les quantités de forces insignifiantes qui déclenchent la plupart des actes serviles; ainsi, moi qui vous parle, j'ai réalisé un agencement qu'un de mes amis a plaisamment appelé le « Baptisto » valet de chambre électrique.

« La mission de ce serviteur hypothétique n'est point très compliquée mais il l'accomplit ponctuellement : elle se borne à m'éveiller à l'heure fixée,

à fermer la fenêtre un quart d'heure avant mon lever et à allumer un feu de bois dans la cheminée. »

Tout le monde se mit à rire en disant : « mais le voilà bien le domestique automatique » et les interrogations de se croiser : « comment est-il fait ? Quelle est sa forme ? Comment obéit-il ? et je réponds à tous à la fois :

« Messieurs, Messieurs, mon serviteur hypothétique, comme vous l'appellez, est tout simplement composé de quelques humbles éléments en petit nombre, d'une origine disparate et d'un prix infime ; voyez plutôt :

« Le cerveau, l'organe directeur de mon « Baptisto » est un bon réveil d'avant guerre du prix de 3 fr. 75. La force musculaire et l'influx nerveux, ce serviteur modèle les tire économiquement d'une batterie hétérogène composée de 3 ou 4 piles qui ne vivent pas toujours bien d'accord et dont je soupçonnais l'une, manquant de discipline, de se polariser et de freiner subrepticement les autres.

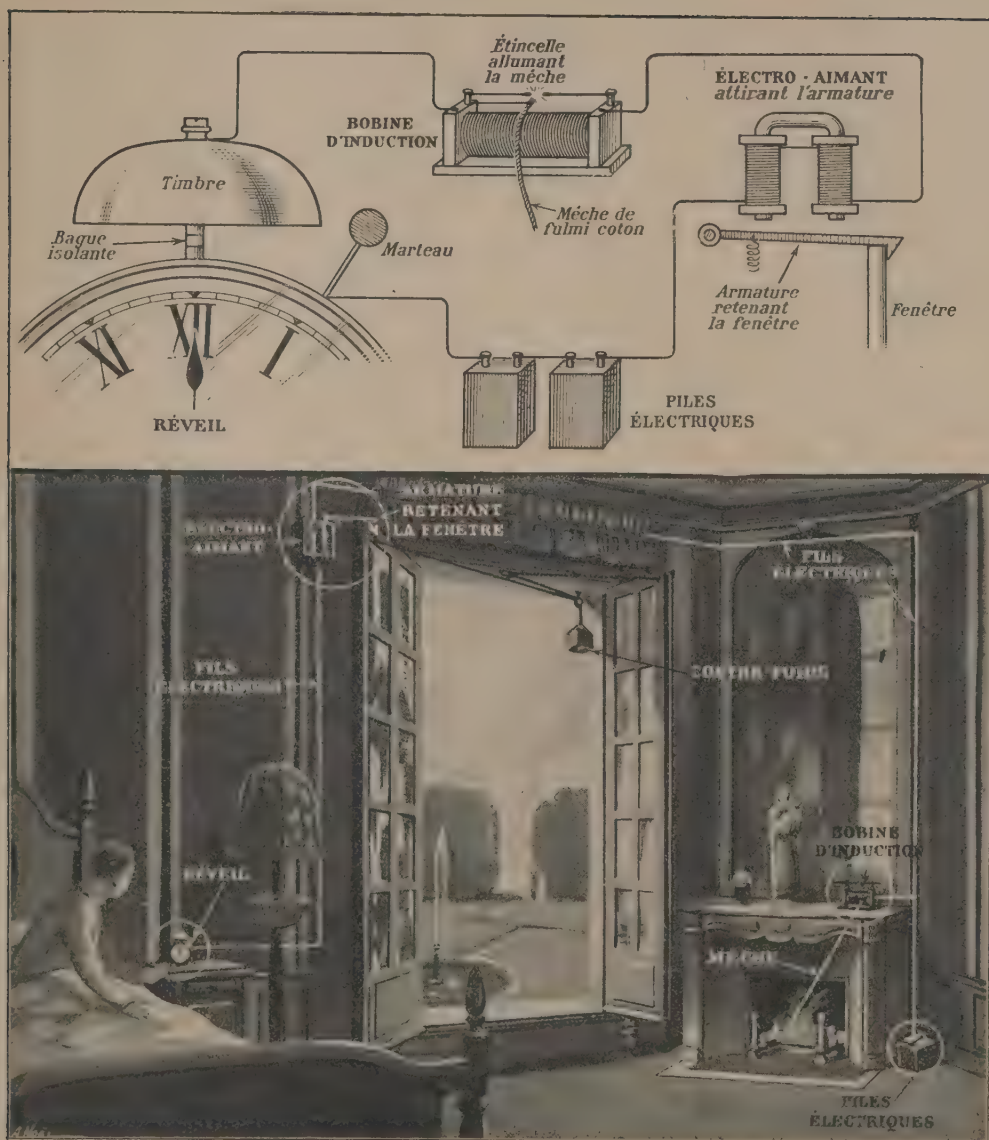
« Un vieil appareil médical fatigué d'avoir faradisé des multitudes de muscles défaillants et de trajets nerveux à l'état de dégénérescence, fournit la divine étincelle, fille de celle que Prométhée arracha aux dieux. Les basses œuvres de force sont le lot d'un pavé que la Ville de Paris m'octroya dans sa générosité, sans réclamer en échange la moindre redevance ; quelques électro-aimants, un bout de cordon, 2-poulies de renvoi, un butoir emprunté à un vieux talon tournant en caoutchouc et voilà mon « Baptisto » tout prêt à fonctionner. »

Tout le monde se mit à rire derechef et je vis bien l'incrédulité se peindre sur les faces hilares. Mon amour-propre était en jeu ; une seule solution s'imposait : convaincre ces incrédules, convertir ces incroyants en les conduisant chez moi ; et nous voilà à pied d'œuvre devant l'obéissant « Baptisto » et son assemblage bizarre d'éléments de fortune.

Comme le lecteur pourrait partager l'incrédulité générale, nous allons décrire avec quelques détails l'agencement de ce serviteur.

Nous avons dit que le principe régulateur était un vieux réveil d'avant guerre du prix de 3 fr. 75 ; par quel sortilège ? Tout simplement : le réveil est en tous points semblable à un honnête réveil familial ; seul, le marteau qui vient frapper le timbre est modifié ; ayant dévissé la petite boule de cuivre qu'il portait originellement en guise de marteau, je l'ai remplacée par un petit cylindre de buis vissé au bout de la tige du frappeur et qui porte vers son extrémité qui regarde le timbre, un contact doré (c'est un clou de tapissier emprunté à un vieux fauteuil) une rondelle prise à la base de ce clou est soudée à l'extrémité d'un fil souple qui va rejoindre un des pôles de la batterie, l'autre pôle est relié au timbre d'abord et ensuite à un déclic mû par un électro-aimant (de la manière la plus simple, d'ailleurs) lequel déclic maintient ouvert un vantail de la fenêtre. Ledit vantail est sollicité de se fermer tout en étant solidarisé avec l'autre côté de la fenêtre, par le fameux pavé de la ville de Paris qui se balance au bout de sa corde comme un pendu et qui fait un excellent contrepoids.

Continuant sa course avant de revenir à la batterie, le courant vient aux bornes du primaire de la bobine de Rhumkorff, relique de l'appareil médical défunt. A cette simple description, on comprend le fonctionnement de « Baptisto » ; en deux mots, le voici :



LE VALET DE CHAMBRE ÉLECTRIQUE.

DISPOSITIF TRÈS SIMPLE DONT LE HAUT DE LA PAGE DONNE LE SCHÉMA
POUR SONNER LE RÉVEIL, FERMER LA FENÊTRE ET ALLUMER LE FEU DANS LA CHEMINÉE.

Quant, à l'heure fixée la veille, la sonnerie du réveil se met en branle, les contacts répétés du marteau, isolé du réveil, mais en contact avec la pile électrique, contre le timbre établissent des courants qui vont à l'électro-aimant de la fenêtre et à petites impulsions précipitées au rythme de la sonnerie, libèrent le déclic en attirant l'armature; le vieux pavé se précipite aussitôt vers le centre de la terre avec une vitesse en fonction du coefficient G d'accélération et des résistances qu'il subit et entraîne après lui les vantaux de la fenêtre qui se fermentaient avec fracas sans les vieux talons en caoutchouc qui sont là

pour empêcher la brutalité du choc de réveiller les voisins (et aussi de faire descendre les carreaux dans la rue).

Pendant que « Baptisto » diligent ferme la fenêtre, le courant continue vers la bobine de Rhumkorff et établissant et coupant le primaire occasionne entre les électrodes du secondaire une série d'étincelles crépitantes qui mettent le feu à l'extrémité d'une mèche en fulmi-coton — analogue à celles dont on se sert dans les églises pour allumer les cierges, — l'autre extrémité de la mèche allant au feu tout préparé qui bientôt pétille et répand sa chaleur dans la chambre, chassant l'humidité et le froid en même temps que l'hostilité de la nuit.

Comme je suis un maître facile à satisfaire et peu exigeant, c'est là tout le service que je demande à mon fidèle serviteur, mais il me serait loisible d'en exiger davantage.

Je pourrais par exemple le forcer à préparer mon café au lait en l'obligeant — à l'aide d'un relais bien facile à installer — à faire passer le courant du secteur d'éclairage dans la bouilloire électrique qui se trouve à la tête de mon lit. Je pourrais aussi lui demander de cirer mes chaussures, d'appeler mon secrétaire au téléphone et bien d'autres choses encore, avec une simplicité de moyens aussi grande; mais, je le répète, je suis un modeste qui se contente de peu et mon « Baptisto » hétérogène, disparate, économique, ponctuel, me suffit tel qu'il est; c'est un bon serviteur dont les gages et la nourriture sont on ne peut plus minimes. Je puis d'ailleurs vous les chiffrer tout de suite, il me coûte 0 fr. 75 de chlorhydrate d'ammoniaque tous les deux mois.





Cliché O. Doyé.

USTENSILES ÉLECTRIQUES DE CUISINE :

A gauche, réchaud. A droite, grille-pain.

LA VIE URBAINE FUTURE

IL est certain que notre Paris n'a pas été conçu et construit pour répondre aux nécessités de la vie moderne: c'est une de ses beautés et un de ses charmes que, cette emprise du passé, mais il faut reconnaître qu'il en résulte de grands inconvénients pour le développement de la cité.

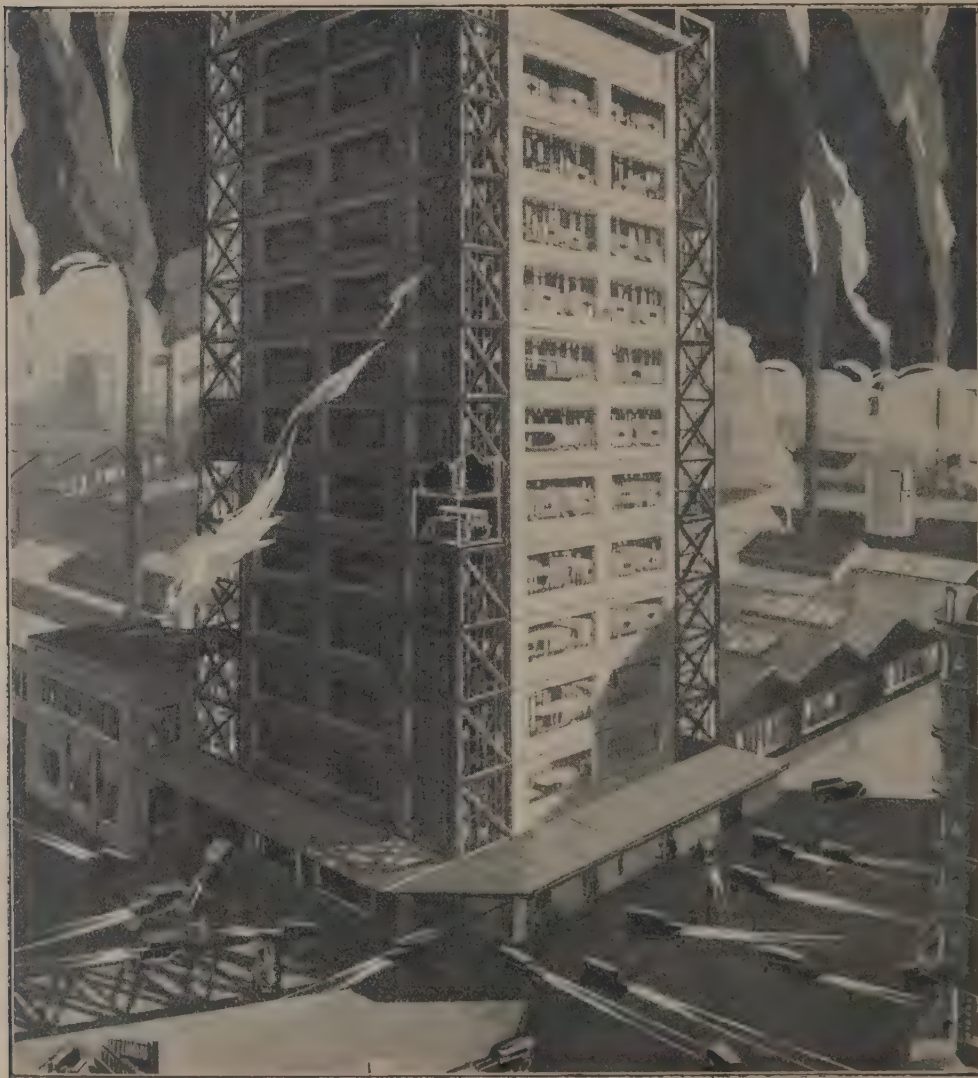
Le plan de la Ville est ancien; il s'est accru peu à peu sans règle ni ordre, un peu au hasard; ses rues sont parcourues en sous-sol par un inextricable enchevêtrement de canalisations et de souterrains qui, en dépit de l'élargissement de certaines rues en surface, rendent l'ensemble très peu perfectible au point de vue de la circulation.

D'ailleurs la lutte entre l'encombrement, par le nombre croissant des véhicules et l'intensité de la circulation et l'élargissement des voies, est sans cesse renouvelée; à mesure qu'un chemin plus grand est offert aux voitures, celles-ci s'y précipitent en plus grand nombre, de sorte que l'embouteillage ne tarde pas à se produire.

Cette véritable congestion de la circulation urbaine n'est pas un phénomène particulier à Paris, mais c'est tout de même une des villes du monde où elle sévit avec le plus d'acuité.

L'urbaniste — on appelle ainsi l'architecte ou l'ingénieur spécialiste en cette science nouvelle qui a rapport à la vie collective, des cités, et que l'on appelle l'urbanisme — l'urbaniste donc, chargé d'édifier une cité moderne, avant toute construction, doit établir un programme très précis et très étudié des sous-sols de la cité future.

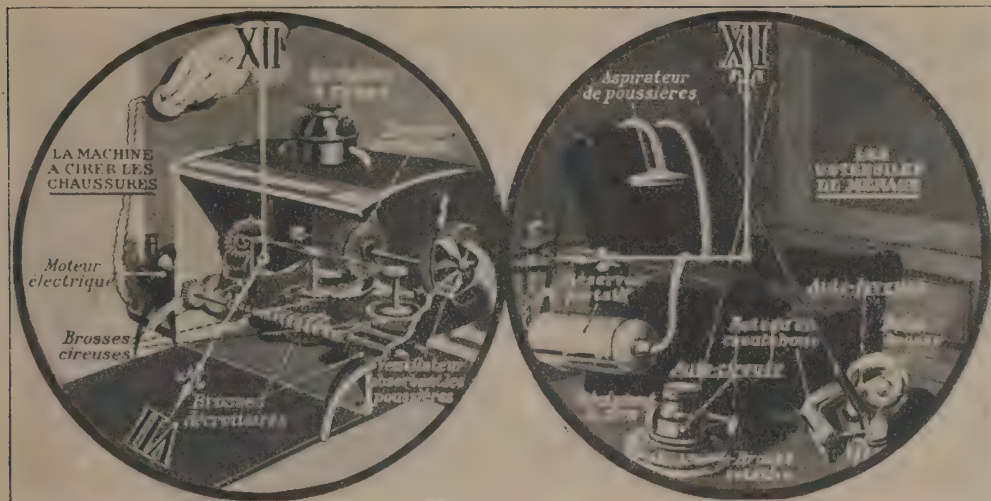
Le premier souterrain immédiatement au-dessous de la chaussée carrossable sera consacré à la circulation humaine par le moyen de métropolitains, de trottoirs roulants et, d'une manière générale, toutes sortes de voies destinées au transport intensif des voyageurs.



LE GARAGE COLLECTIF DANS UNE CITÉ MODERNE.

Dans un étage au-dessous, nous voyons les voies charretières, les trains de marchandises, les voies de dégagement de toutes sortes pour l'arrivée et le départ de toutes marchandises ou objets de consommation.

Enfin, un troisième étage au-dessous des deux premiers comprendrait sur un ou plusieurs plans l'inextricable lacs des canalisations électriques, hydrauliques, de gaz, d'air comprimé, d'air pur, d'eau chaude ou de vapeur, etc., etc.



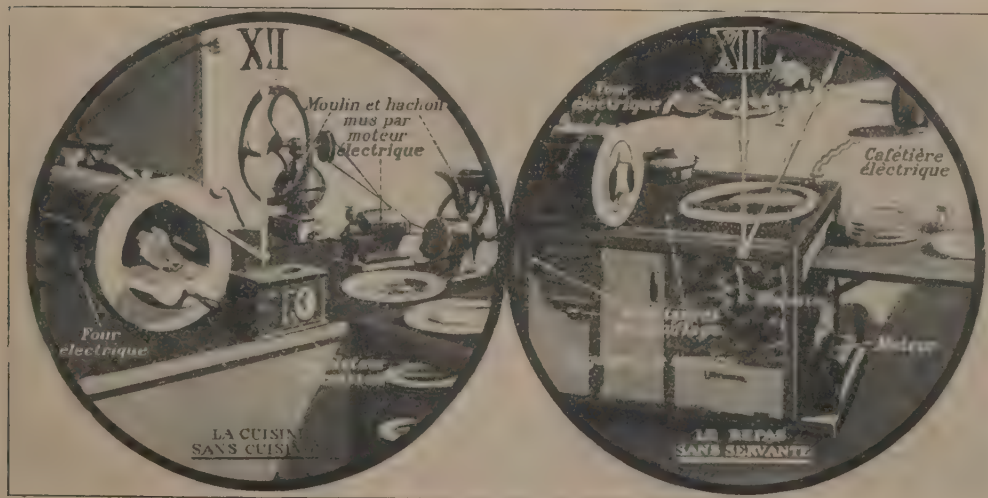
USTENSILES ÉLECTRIQUES DE MÉNAGE.

Le dessinateur a figuré les heures auxquelles on a coutume de recourir à leurs services, voulant montrer par là que l'électricité est une servante toujours prête et à laquelle on peut faire appel à n'importe quel moment, ce qui est loin d'être le cas des serviteurs humains.

Les voies superficielles seraient réservées uniquement à la circulation des piétons et des véhicules légers.

Nous savons déjà que les maisons bâties tout en hauteur sur le modèle des maisons américaines, seraient disposées par îlots séparés autant que possible par des avenues et des jardins; plusieurs de ces îlots étant réunis pour former un quartier.

Chacun de ces quartiers serait lui-même muni de tous les éléments généraux nécessaires à la vie de la collectivité; il y aurait des écoles, des églises ou des chapelles, des bureaux de poste, des magasins de détail, les bureaux



USTENSILES ÉLECTRIQUES DE CUISINE.

des administrations particulières, des petits théâtres, concerts, cinémas, mais point d'usines, lesquelles seraient rejetées vers la lointaine périphérie et entourées, comme nous le verrons plus tard, chacune de sa propre cité ouvrière pour le logement du personnel, tant dirigeant qu'ouvrier.

Des quartiers particuliers seraient réservés à certaines spécialités qui auraient grand avantage à se trouver réunis.

Il y aurait par exemple la cité universitaire qui comprendrait les facultés, les laboratoires, bibliothèques, instituts, etc. — avec de vastes logements pour les étudiants et les maîtres et des restaurants à leur usage.

Il y aurait encore le quartier judiciaire où les principaux tribunaux seraient édifiés avec aussi, hélas, les prisons et les geôles diverses.

Il y aurait aussi le quartier des ministères et de l'administration générale. A ce propos, remarquons que chacun des îlots ou des quartiers dont nous avons déjà parlé serait pourvu d'une administration locale, d'une police particulière, en un mot de tous les organes de la vie collective qui n'obligeraient pas les citoyens à recourir aux lointains services de l'administration générale pour les affaires de la vie courante.

Ne parlons pas également de l'administration politique du pays qui serait concentrée autour du palais du Prince ou du chef de l'État et qui comprendrait les Chambres, les Assemblées délibérantes, les Conseils d'État, etc.

Nous verrions encore un quartier commercial qui serait consacré uniquement aux affaires de gros, chaque îlot étant muni de ses coopératives ou magasins de détail; seuls les commerces de luxe résideraient dans ce quartier commercial à l'image de ceux qu'on voit dans les villes d'Orient où il y a toujours le groupe des souks qu'on appelle le bazar.

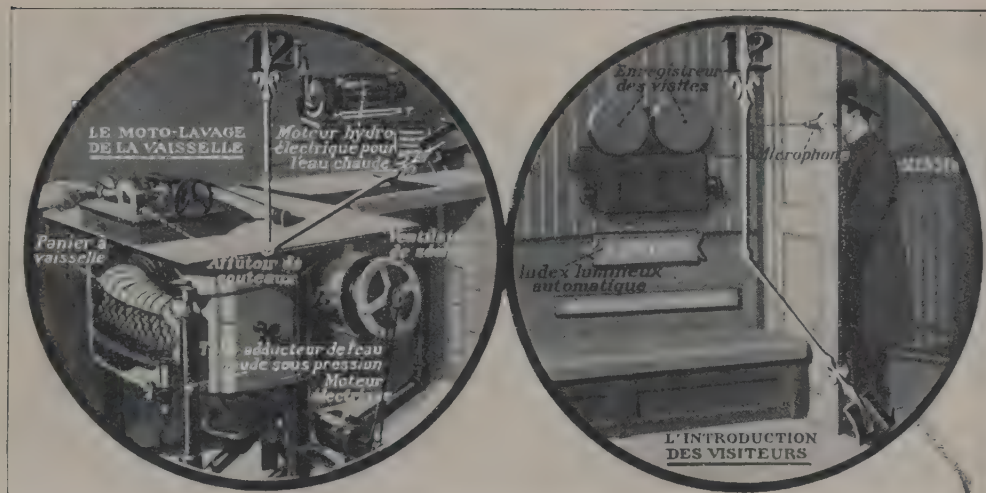
N'oublions pas, parmi les organes généraux de la cité future, le Palais des expositions, non point certes des expositions universelles qui ont vécu (car il serait matériellement impossible aujourd'hui d'édifier un ensemble assez vaste pour abriter si peu que ce soit des échantillons de la production et de l'industrie du monde entier), mais des expositions particulières ou de spécialités qui se succéderaient à de brefs intervalles. Dans ces palais, bien entendu, se tiendraient les foires annuelles.

Il faut bien parler d'une cité dont le nom seul est de mauvaise augure, mais combien utile, hélas! Il y aurait le quartier médical voisin très probablement du quartier universitaire qui comprendrait les hôpitaux et les asiles et lieux d'isolement, les morgues, car dans une cité future bien organisée, aussitôt que les médecins de quartier ou d'îlots auraient déclaré une maladie, pour si peu contagieuse qu'elle soit, immédiatement le malade serait enlevé, transporté dans un hôpital d'isolement et son domicile antérieur dûment désinfecté, ses proches même vaccinés et mis en observation.

Pour finir sur une idée plus réjouissante, citons encore les grands dômes, les vastes salles édifiées à l'usage du peuple souverain, à l'image des basiliques de l'antiquité et où le peuple des démocraties modernes s'assemblera pour délibérer, voter ou se réjouir.

D'ailleurs, là comme en toutes choses, nous voyons que la vie n'est qu'un perpétuel recommencement et que rien n'est nouveau sous le soleil.

Les cités antiques présentaient déjà ces caractères de sectionnement et



LAVEUR ÉLECTRIQUE
DE VAISSELLE.

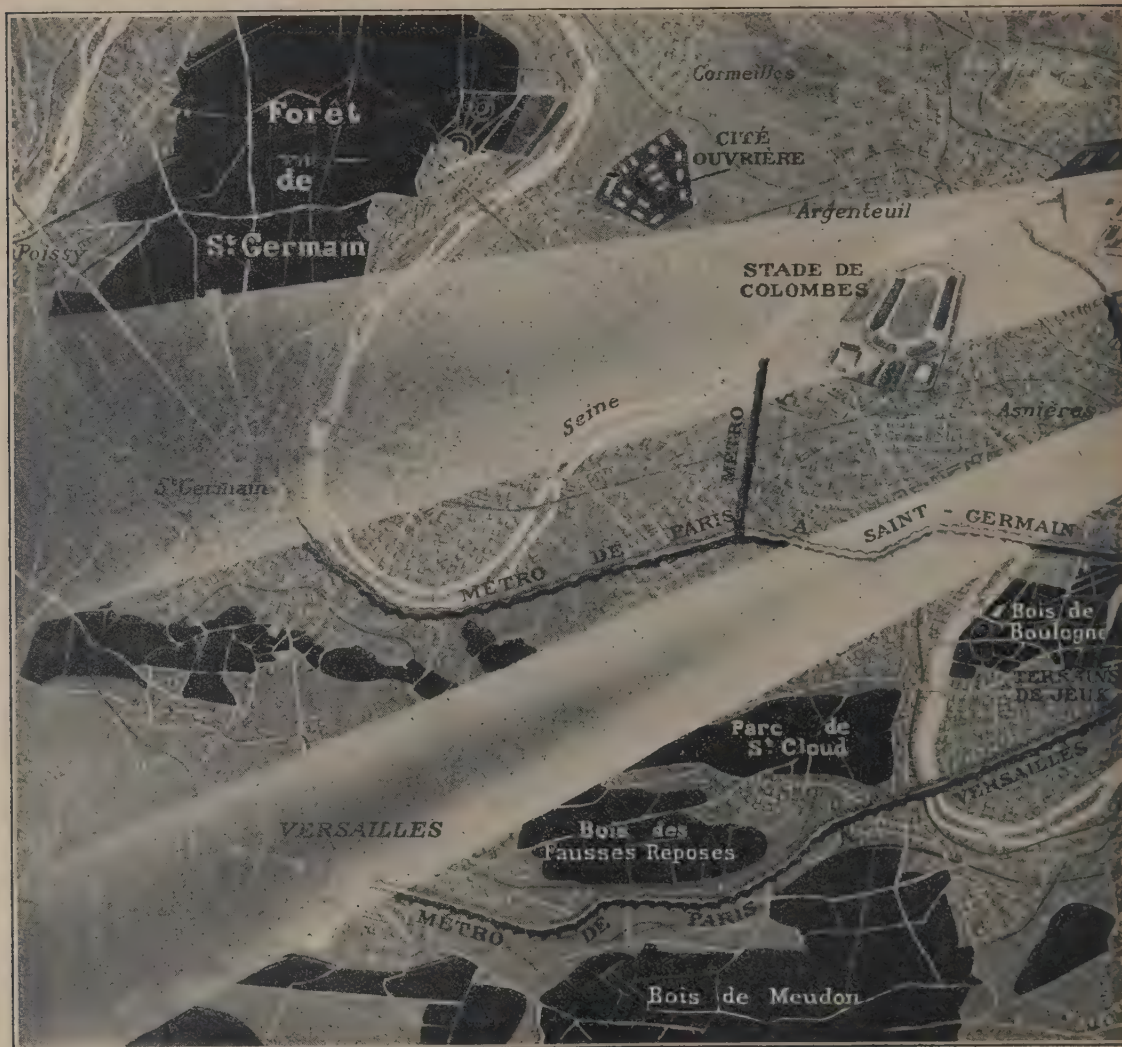
SERVICE D'INTRODUCTION
DES VISITEURS SANS L'AIDE D'UN CONCIERGE.

de particularisme de chaque groupe d'habitations. Des traces multiples en ont persisté jusqu'à nos jours dans le nom, la disposition même de certains quartiers. A Paris nous avons le Quartier Latin et quantité de rues portant des noms de corporation.

Les mêmes causes avaient amené les mêmes effets, mais les villes antiques ou médiévales étant presque entièrement dépourvues de moyens de locomotion rapides, ces quartiers étaient proches les uns des autres, tandis que dans la cité future ils seront séparés par des distances considérables, quelquefois feront figure même de villes distinctes, mais que les moyens extra-rapides d'intercommunication mettront à peu de distance les unes des autres.



SALON ET CHAMBRE A COUCHER ÉQUIPÉS ÉLECTRIQUEMENT.



VUE AÉRIENNE

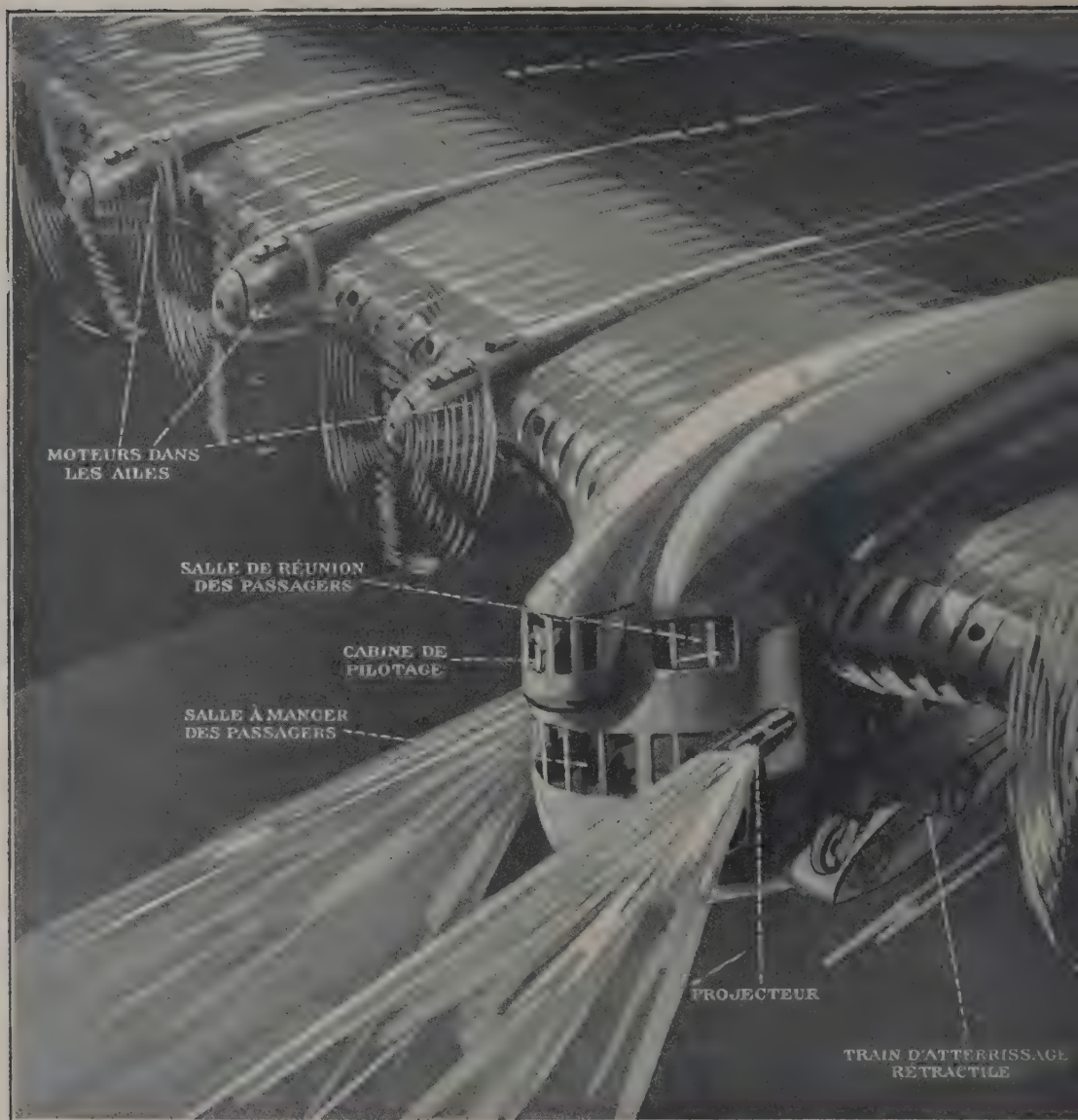
Dans quelques années, alors que le développement formidable auquel nous assistons tous les jours aura Paris, dont la démolition a commencé

LES TRANSPORTS

DE plus en plus la tendance est à l'automobile individuelle.

Le temps est heureusement passé où, conduire un véhicule, nécessitait une audace, un sang-froid et une dépense de force musculaire qui n'étaient l'apanage que de quelques-uns. Aujourd'hui on voit couramment des dames ou même des jeunes filles au volant de leur voiture qu'elles conduisent avec une grande facilité.

De plus, la perfection de la fabrication moderne et la bonne disposition des organes, fruit d'une longue et certains diront amère expérience, est telle que la



L'AVION

à grande vitesse, à énorme charge et à grand rayon d'action

Pour le commerçant, elle permet d'étendre le cercle de ses relations; pour le médecin, de voir plus de malades et dans un rayonnement beaucoup plus grand; pour l'homme de loi, elle permet de courir à de multiples rendez-vous et pour l'industriel elle facilite la recherche des matières premières, des débouchés, etc., etc.

D'ailleurs, par l'économie qu'elle fait réaliser sur le prix des moyens de transport en commun qui, comme on le sait, ont été outrageusement augmentés depuis la guerre, par celle qu'elle favorise sur le montant des loyers



TRANSPORT

conçoit M. Louis Bréguet, le célèbre constructeur d'avions.

en permettant d'habiter loin du centre de la cité, plus confortablement et à un prix bien moindre elle intéresse tous ceux qui ont souci de leurs intérêts.

Pour toutes ces raisons, l'automobile individuelle ne peut que se répandre de plus en plus au grand bénéfice des affaires et, par surcroît, de l'hygiène.

Mais une condition d'économie est indispensable : il faut que le propriétaire conduise lui-même sa voiture et se passe des services d'un mécanicien qui ne travaille que huit heures et Dieu sait à quel prix!

Cette extension de l'usage de l'automobile entraînera avec elle la création

de garages communs dans le genre de ceux qui existent déjà en Amérique où, ne l'oublions pas, on compte une voiture par dix habitants, proportion dix fois plus forte que celle que l'on constate en France.

Aux États-Unis, le client qui ramène le soir sa voiture au garage commun, la dépose au bas du monte-charge en ayant soin de mettre dans la lanterne de droite un papier sur lequel il a écrit les soins ou les réparations qu'il souhaiterait voir effectuer à son véhicule.

Notre gravure montre clairement ce que peut être tel garage, la multiplicité des boxes, les rampes pour y accéder, les monte-charge, les plates-formes et jusqu'à la terrasse où dans les modèles les plus grands est installé un véritable autodrome qui permet d'essayer les voitures à toute allure sur une piste de ciment avec virages relevés.

Nous n'insisterons donc pas sur la description de cette ruche où chaque alvéole est occupée par une voiture.

Disons un mot seulement du stationnement des véhicules le long des trottoirs pendant que leurs maîtres sont à leurs affaires.

On ne saurait, faute de place, les élonger ni parallèlement ni perpendiculairement à la bordure du trottoir, mais bien obliquement, en épi, dirigés dans le sens de la circulation, de même que sont disposées les darses et les môles dans un port très fréquenté.

Puisque nous parlons de port et de navigation, jetons un coup d'œil sur ce que seront les transports maritimes dans quelques années.

Là, la prophétie devient moins aisée. Depuis la guerre un tel trouble est apporté aux relations internationales par mer que l'on ne saurait vraiment dire ce qu'il adviendra de l'industrie des transports maritimes.

Certains pays ont interdit l'émigration, d'autres ont élevé autour de leurs frontières une barrière de tarifs protectionnistes, enfin, les fluctuations formidables des changes laissent une grande incertitude quant à l'établissement des voies commerciales maritimes futures.

Dès maintenant on sait qu'un cargo (abréviation du mot anglais cargo-boat qui veut dire navire à marchandises ou navire de charge, par opposition à paquebot (navire à passagers). reste en chantier au moins un an; la construction d'un paquebot exige deux, trois ans et plus et ces navires devront naviguer vingt-cinq ou trente ans, c'est-à-dire que l'armement doit prévoir assez longtemps à l'avance les besoins des lignes de navigation qu'il exploite ou qu'il veut exploiter, et c'est là que, actuellement, gît la difficulté.

Cependant, quelques tendances générales se font jour, telle que celle de construire des cargos de plus en plus grands qui, au lieu de porter quelques centaines de tonnes comme ceux en usage dans le *xix^e* siècle en transportent de 12 à 15 000, en lourd, et même plus. De plus en plus d'ailleurs on les équipe avec des moteurs Diesel, qui sont des moteurs à explosion brûlant des pétroles lourds à bas prix.

Quant aux paquebots, il semble que la « course à la vitesse » soit interrompue pour quelque temps tout au moins, les compagnies préférant consacrer au bien-être des passagers les sommes formidables qu'exige le gain d'une faible vitesse au-dessus de 20 nœuds; car il ne faut pas oublier que les frais d'exploitation des lignes maritimes ont augmentés de 400 0/0 sur les chiffres d'avant



LA SALLE DE RÉDACTION D'UN JOURNAL DANS QUELQUES ANNÉES,
alors que seront entrées dans la pratique les inventions qui naissent sous nos yeux.

guerre, tandis que le prix du fret est à peu près le même que celui de 1913.

Disons en terminant que notre marine marchande est loin d'être en décadence puisque, aux 2 201 604 tonneaux de 1913, on peut opposer, en 1923, 3 843 792 tonneaux.

Mais il est certain que les transports par mer à grande vitesse verront leur domaine diminuer par le développement des transports aériens qui présentent sur ceux-ci l'avantage d'une rapidité et d'un confort infiniment plus grands.

M. Louis Bréguet, le constructeur bien connu, formule ainsi les conditions de bonne exploitation des lignes aériennes internationales : Les avions destinés

à ces lignes devront avoir un rayon d'action (on appelle ainsi la distance qu'ils peuvent parcourir sans toucher le sol) de 3 500 kilomètres, c'est-à-dire pouvoir aller d'un seul envol de Dakar à Pernambouc au-dessus de l'Atlantique Sud, ou de Cork en Irlande à Terre-Neuve au-dessus de l'Atlantique Nord.

Leur vitesse commerciale doit atteindre 200 kilomètres à l'heure (la vitesse commerciale est obtenue en divisant le parcours total par le temps total mis à l'effectuer, sans tenir compte des ralentissements ou arrêts; ainsi par exemple une locomotive qui va de Paris à Bruxelles fait dans certaines parties de son itinéraire de 130 ou 140 kilomètres à l'heure, mais comme dans d'autres endroits elle est obligée de ralentir ou même de s'arrêter, la vitesse commerciale ne dépasse pas 100 kilomètres; elle est donc une moyenne entre la plus grande et la plus faible vitesse, chacune affectée d'un coefficient de temps pendant lequel elle a été maintenue).

Nous verrons plus loin que cette vitesse commerciale de 200 kilomètres à l'heure n'est pas une utopie mais au contraire sera largement dépassée à bref délai.

Les avions devront être munis d'appareils de T. S. F. suffisamment puissants pour leur permettre de rester en rapport continuellement avec leur base et de pouvoir toujours recevoir ou envoyer des messages radio-électriques.

Ils devront aussi être munis de cadres radiogoniométriques d'une portée d'au moins 500 kilomètres, c'est-à-dire d'une sensibilité suffisante pour recevoir, dans ce rayon, les indications des phares hertziens ou autres signaux par temps de brume.

Comme les voyages auront une certaine durée, il est indispensable que les avions soient susceptibles d'offrir aux passagers un minimum de confort, par exemple analogue à celui que présentent les voitures de la Compagnie internationale des wagons-lits. Il devra y avoir à bord des cuisines et des soutes à vivres.

Nous verrons très prochainement sans aucun doute des avions en service sur la ligne Sud-Amérique faire le trajet Paris-Buenos Ayres en deux jours et demi ou trois jours et cinq escales; on peut dès maintenant déterminer les caractéristiques de ces appareils.

Ils n'auront qu'une puissance relativement réduite de 2 000 chevaux (il y a présentement en chantier des avions de 4 500 à 6 000 chevaux) mais la bonne utilisation de cette puissance, grâce aux formes judicieuses de l'aéronef, à sa grande finesse (c'est-à-dire à la diminution de toutes les résistances nuisibles à son avancement, permettra cependant d'atteindre de bonnes vitesses.

Bien entendu ces avions seront multimoteurs, non pas tant pour la difficulté qu'il y a à construire de puissants moteurs, mais surtout pour mieux répartir les efforts et les poids, et surtout pour ne pas être à la merci d'une panne. Ces engins, disposés dans l'épaisseur des plans, ainsi que les réservoirs à essence, seront réunis par un couloir réservé dans le bord d'attaque de l'aile et pourront par conséquent être toujours sous la surveillance des mécaniciens, qui pourront parer aux accidents de route.

Ces appareils seront « amphibies » c'est-à-dire munis de flotteurs et de roues leur permettant de descendre indifféremment sur la terre ou sur l'eau, et d'en repartir.

Les roues d'ailleurs seront disposées de telle sorte qu'il soit possible de les « escamoter » dans l'intérieur même des flotteurs ou des surfaces profilées de manière à réduire la résistance à l'avancement.

Ces grands vaisseaux aériens, munis de toutes les installations propres à assurer le séjour confortable aux voyageurs, seront montés par un assez nombreux équipage.

Il y aura d'abord, comme dans tout navire, à tout seigneur tout honneur, le commandant de l'avion, maître souverain à son bord. Sous ses ordres, un ou plusieurs officiers navigateurs, assistés de radiotélégraphistes, s'occuperont en tout temps de la route suivie, par observation des astres, des compas, par radiogoniomètre, par gyroscopes et navigraphes; ils auront le soin des cartes, et établiront sous les ordres du commandant, la route à suivre. Ces navigateurs donneront à tout instant la route aux pilotes.

Les pilotes, assez nombreux pour se relayer souvent aux gouvernes n'auront que le soin du vol et de la route; ils se borneront à maintenir leur avion en ligne de vol et à suivre aveuglément la direction donnée par le navigateur, à l'aide de repères ou de boussoles. Ils seront aidés dans la manœuvre de ces avions géants par des servo-moteurs et des surfaces compensées qui réduiront au minimum leur dépense de force musculaire.

Une équipe de mécaniciens complétera l'effectif de techniciens embarqués à bord de l'avion. En principe, il y aura au moins un homme de quart pour chaque groupe de moteurs.

N'oublions pas les utiles et modestes agents chargés du « harnois de gueule » comme dit le grand Rabelais, c'est-à-dire les maître-queux rôtisseurs, sauciers, glaciers et marmitons, fort affairés autour de leurs cuiseurs électriques, avec le concours des arrimeurs et cambusiers. Ajoutez à cela, les stewards, garçons, femmes de chambre et lingères, et vous arriverez à un total fort coquet de gens dont le métier s'exercera dans les nuages et qui passeront leur vie à haute altitude, planant au-dessus de l'humanité rampante attachée au sol.





Photo Chevojon.

INTÉRIEUR DE L'ÉGLISE NOTRE-DAME DU RAINCY, ŒUVRE DE L'ARCHITECTE A. ET J. PERRET.
CETTE CONSTRUCTION, ÉLEVÉE SUIVANT LES PLUS RÉCENTS PROCÉDÉS D'ÉDIFICATION EN
CIMENT ARMÉ, NE MANQUE NI DE NOBLESSE NI D'ÉLÉGANCE.



PILIER S ÉVASÉS EN CIMENT ARMÉ SOUTENANT UNE GALÉRIE. VUE PRISÉ PENDANT LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU NOUVEL HOTEL DE VILLE DE LILLE PAR EMILE DUBUISSON.

GRANDS TRAVAUX MODERNES

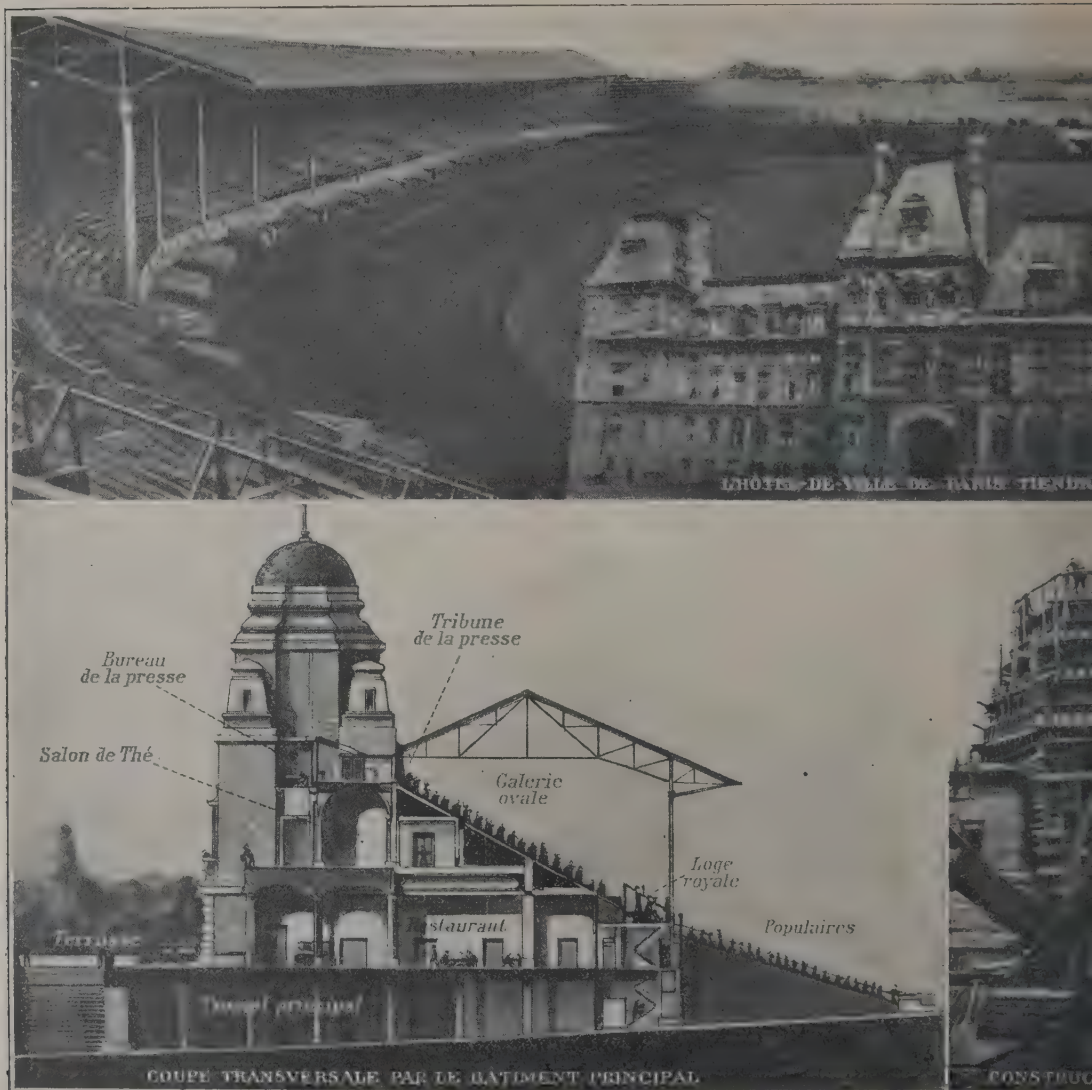
L'AME, si l'on peut dire — le matériau¹ de choix pour tous les grands travaux modernes, qui est à la fois la substance dont ils sont constitués et le procédé qui a permis d'en édifier le plus grand nombre, est le ciment armé.

Nous verrons plus loin en quoi il consiste exactement; disons seulement tout de suite qu'il est composé d'une masse de béton dans laquelle sont noyées des barres ou des tiges de fer ou d'acier doux.

A vrai dire, l'idée de consolider une maçonnerie à l'aide de corps durs disposés en cordons ou chaînes n'est pas nouvelle.

Les Romains qui, contrairement à la technique orientale (égyptiennes et grecques) laquelle utilisait des pierres de grand appareil taillées géométriquement à la demande et s'édifiant sans le secours obligatoire du mortier, les Romains, disons-nous, avaient été les premiers à employer en grande masse les bétons amorphes composés d'une masse de pierres concassées, enrobées dans une grande quantité de mortier semi-liquide: ce sont eux d'ailleurs qui ont créé le ciment appelé ciment romain qu'ils fabriquaient au moyen de

1. Le mot matériau, pluriel de matériel, s'emploie au singulier seulement dans le cas où il désigne une matière première ou un objet de construction. Cette incorrection est consacrée par l'usage et l'on dit par exemple : « Le porphyre concassé est le meilleur matériau pour le rechargement d'une route macadamisée. »



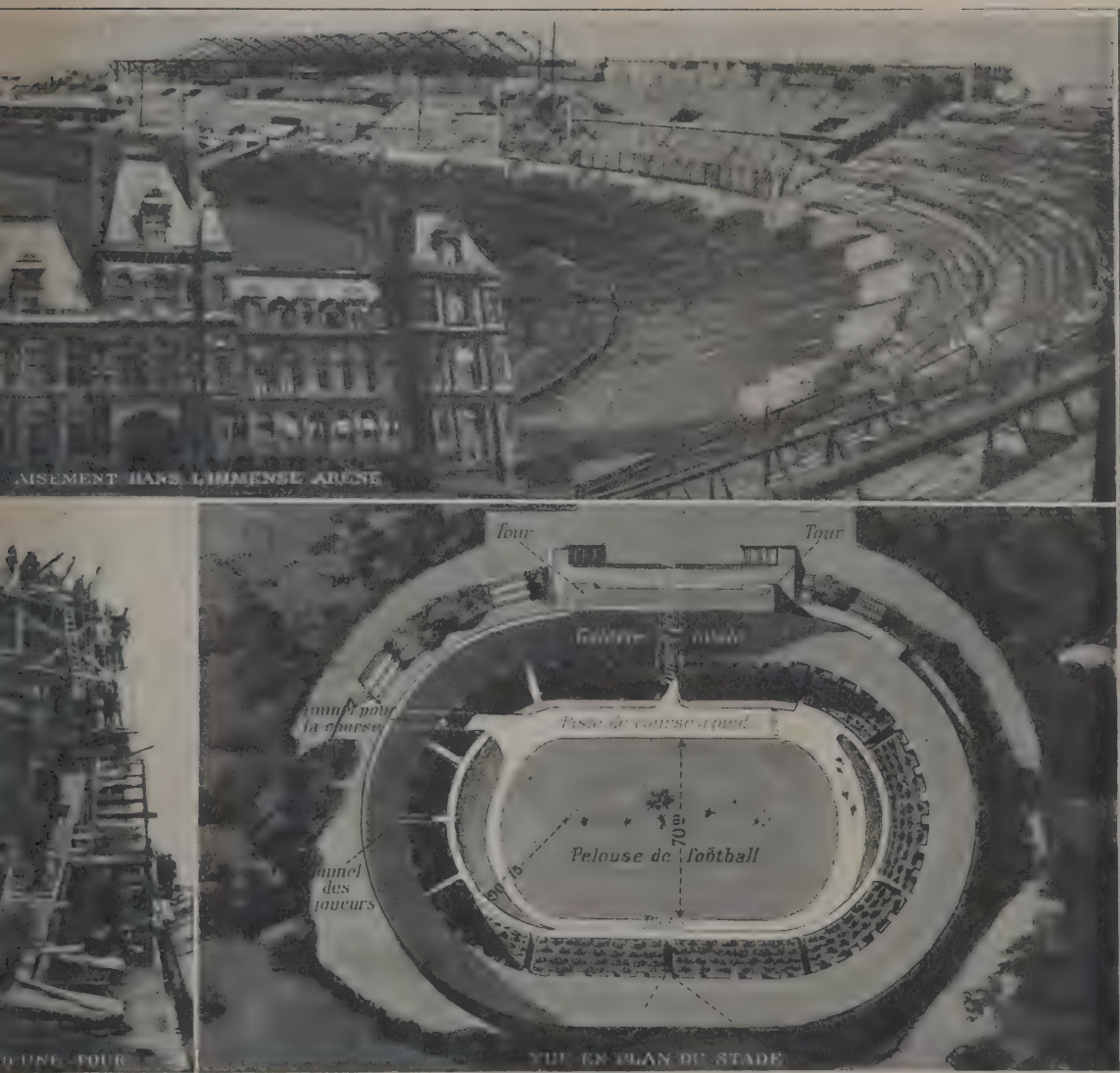
LE STADE DE WEMBLEY-PARK, P

Cette arène, la plus vaste du monde peut contenir 125 000 spectateurs dont 25 000 dans les tribunes de long sur 70 de large pour le jeu de foot-ball et de hockey. Une piste pour la course à pied fait le tour de la Ville de Paris, au milieu du stade comme terme de comparaison.

pouzzolanes extraites des terrains volcaniques de l'Italie méridionale; certains de ces ciments vraiment indestructibles ont servi à édifier des monuments qui durent encore et dont la tenue après tant de siècles est parfaite.

Les Romains les premiers, ont créé la technique des grandes masses de béton dans lesquelles, avons-nous dit, ils inséraient des cordons ou chaînes de pierres de différentes tailles, de briques ou même de bois selon des règles empiriques mais que nous retrouverons scientifiquement établies et calculées dans nos plus récents travaux en ciment armé, la matière seule ayant changé.

Au moyen âge, les cathédrales construites avec un soin minutieux étaient



LONDRES, PENDANT SA CONSTRUCTION.

et 10 000 assis en avant des barrières. La piste contient un « ground » ou arène gazonnée de 105 mètres de large et mesure 402 mètres de tour. Pour donner une idée des dimensions de ce stade, on a figuré l'Hôtel de ville. Toutes les maçonneries sont faites de briques et de ciment armé.

généralement du système dit équilibré, c'est-à-dire que toutes les parties de l'édifice se prêtant un mutuel appui, ou arrivait à des évidements d'une légèreté vraiment inconcevable.

Tout l'effort des voûtes était supporté par des arcs-boutants appuyés eux-mêmes sur des contreforts latéraux et les colonnes, les murs et les piliers de l'édifice proprement dit ne supportaient qu'un effort statique très modéré, toutes les poussées — avons-nous dit — étant supportées par les contreforts.

Mais cette technique, si elle permettait une légèreté de construction vraiment aérienne, une élégance, une finesse qui tiennent du prodige, souffrait en

contre-partie d'une certaine fragilité qui était due justement à cet équilibre dont nous avons parlé.

Qu'une pierre vienne à sauter, une clé de voûte à s'écraser dans un de ces arcs latéraux dont nous admirons la légèreté, et tout l'édifice auquel le point d'appui manquait de proche en proche, pouvait s'écrouler.

Aussi, quand les Allemands, dans leur fureur destructrice, se mirent à bombarder nos églises de la Somme et de la Marne, on crut que rien ne subsisterait de ces merveilles après quelques coups de canon. Or, quelle ne fut pas la surprise de voir ces cathédrales résister aux explosions ou aux coups de plein fouet des obus, absolument comme si elles avaient été construites d'une seule pièce, comme si elles étaient vraiment une dentelle creusée et sculptée dans un monolithe géant.

Quand, la guerre finie, on s'inquiéta de réparer ces édifices, de relever ces ruines, d'étayer ce qui tenait encore, et de remettre en place les pierres qui n'étaient pas trop endommagées, on eut la clé du mystère.

Toutes les pierres soigneusement taillées, minutieusement sculptées l'on peut dire (non à cause des ornements, mais pour exprimer le soin et la précision avec lesquels chaque appareil était dessiné et taillé pour remplir exactement son alvéole) étaient, de plus, réunies entre elles par un chaînage de fer ancré au creux de chaque pierre et scellé dans le lit de mortier qui les unissait; quelquefois même ce scellement était fait au plomb ou au soufre et les maçons de génie dont nous voyons là l'œuvre incomparable, avaient multiplié ces chaînes de faible longueur n'ayant à leur disposition qu'un métal d'assez mauvaise qualité, façonné et soudé à la forge à charbon de bois, corroyé

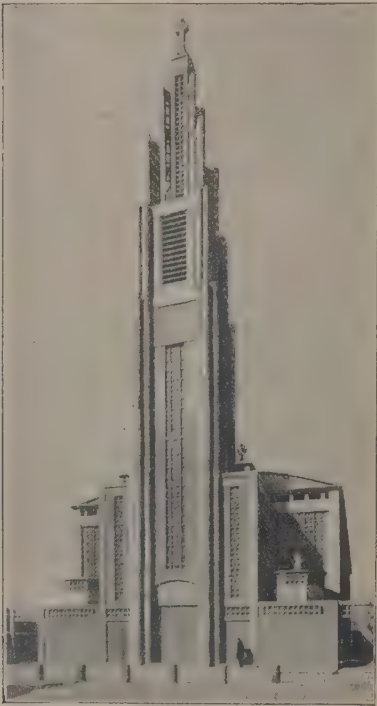


Photo Chevaion.

CLOCHER EN CIMENT ARMÉ DE
L'ÉGLISE NOTRE-DAME DU RAINCY.

au marteau sur l'enclume et dont il était impossible d'obtenir une certaine longueur à l'homogénéité de laquelle on puisse se fier, tant à cause de cette mauvaise qualité du métal que des procédés primitifs de corroyage.

Aujourd'hui les modernes méthodes d'étirage et de laminage, de soudure autogène ou électrique donnent des pièces de métal d'une longueur pratiquement infinie, d'une homogénéité parfaite et d'une égale résistance en tous points.

L'œuvre de nos maçons du Moyen âge n'en est que plus admirable quand on voit comment à force de patience, de soins et de conscience professionnelle, ils ont su tirer parti des médiocres matériaux qu'ils avaient sous la main pour créer leurs œuvres immortelles.

La technique du ciment armé proprement dit est d'origine relativement récente.

Dans les dernières années du XIX^e siècle seulement; on a commencé à l'appli-

quer au début à des œuvres de petite et moyenne importance, puis son domaine s'est accru de jour en jour jusqu'à arriver au point de floraison où nous le voyons aujourd'hui.

Qu'est-ce au juste que le ciment armé? C'est une armature de barres de fer ou d'acier doux noyée dans une masse de béton, lequel béton est, comme on le sait, composé d'un mortier de ciment enrobant des pierres de petite taille ou du gravier.

Avant d'aller plus loin, remarquons que si on a pu marier aussi heureusement le fer, l'acier et le béton de ciment, c'est que ces substances pré-



Cliché Rol.

ÉTAT DE LA CATHÉDRALE DE REIMS BOMBARDÉE PAR LES ALLEMANDS. BIEN QU'ÉTANT CONSTRUITE SELON LE SYSTÈME DIT ÉQUILIBRÉ, ELLE NE S'EST PAS COMPLÈTEMENT ÉCROULÉE GRACE AU CHAINAGE EN FER QUI RÉUNIT LES ÉLÉMENTS DES VOUTES CONTREFORTS ET ARCS-BOUTANTS.

sentent un coefficient de dilatation très voisin, ce qui fait que les différences de température extérieure les allongent ou les raccourcissent d'une égale quantité et ne détruisent par conséquent pas l'adhérence entre eux.

C'est un phénomène analogue à celui qui est utilisé dans la construction des lampes à incandescence qui, on le sait, doivent être absolument vides d'air. A l'endroit où les fils destinés à recevoir le filament lumineux traversent le verre de l'ampoule, il se produisait toujours des fissures, avant que l'on eût trouvé un métal dont le coefficient de dilatation soit sensiblement égal à celui du verre : ce métal est le platine¹; et c'est pourquoi un mince fil de ce métal est employé

1. Aujourd'hui on emploie à cet effet un ferro-nickel à 45 p. 100 de nickel, découvert par le savant M. Guillaume, de l'Institut, créateur de l'Invar. Cet alliage, appelé platinité, permet d'économiser plus de 100 millions de platine par an.

au point de jonction des conducteurs extérieurs et intérieurs de la lampe au moment où ceux-ci sont pris dans la masse de verre, toute autre substance occasionnant à la suite de dilatations et de contractions répétées, un décollement qui laisse pénétrer l'air à l'intérieur de la lampe et la rend bientôt inutilisable.

Essayons maintenant de saisir le fonctionnement d'une poutre en ciment armé et le rôle des différents éléments qui la constituent.

Pour cela, il est utile de comprendre comment se comporte une poutre ordinaire en bois ou autre matière homogène appuyée à ses deux extrémités et chargée en son milieu. Tout se passe comme si la poutre était composée dans le sens médian d'une fibre neutre (n'ayant tendance sous la charge ni au rétrécissement, ni à l'allongement) et deux autres fibres : l'une supérieure, l'autre inférieure, dont l'inférieure a tendance à s'allonger (on dit qu'elle travaille à la traction); l'autre, située au-dessus de la fibre neutre a tendance à se raccourcir sous l'effort imposé à l'ensemble; on dit qu'elle travaille à la compression.

Il est facile de matérialiser cette conception en prenant pour exemple une perche appuyée à ses deux extrémités.

Si l'on met en son milieu un poids, même léger, la perche fléchit immédiatement et les deux extrémités se rapprochent; mais si l'on met au-dessus d'elle une autre perche dont les extrémités seront liées indissolublement avec la première, elle s'opposera en partie au mouvement de flexion en se comprimant. Elle représentera les fibres travaillant à la compression et enfin, si l'on sous-tend les deux extrémités de la première perche à l'aide d'un câble d'acier résistant, de manière à empêcher ses deux extrémités de s'écarter de leur position primitive, on aura figuré les fibres travaillant à la traction et donné à l'ensemble une grande rigidité.

Ce principe est d'ailleurs tel quel, sans autre modification, employé à la contraction d'un certain nombre de charpentes, en particulier les charpentes Pombla. Il est évident qu'il y a avantage à donner la prédominance à certaines formes appropriées à la nature des matériaux; c'est ainsi qu'une voûte remplace la médiocre résistance des dalles au cisaillement par leur résistance à l'écrasement qui est infiniment plus grande.

Constatons également qu'il n'y a pas intérêt à construire un édifice entièrement en une matière homogène et lourde, mais à disposer les matériaux choisis suivant les lignes de force des efforts à contrebalancer.

Nous voyons par exemple dans un fuselage d'aéroplane les efforts à la compression être équilibrés par des mâts en bois dont la résistance à cette compression est considérable et les efforts à la traction absorbés par des haubans et des croisillons en corde à piano qui est en acier très dur dont la résistance à la traction est de plusieurs centaines de kilogs au millimètre carré de section.

Dans le cas du ciment armé, la résistance à la compression est demandée au béton et la résistance à la traction est fournie par les tiges d'acier noyées dans la masse.

Une poutre de ciment se composant exactement comme la perche de démonstration que nous avons décrite tout à l'heure, l'agent résistant à la compression étant la masse toute entière du béton et les liens de traction l'armature de fer noyée dans la masse.

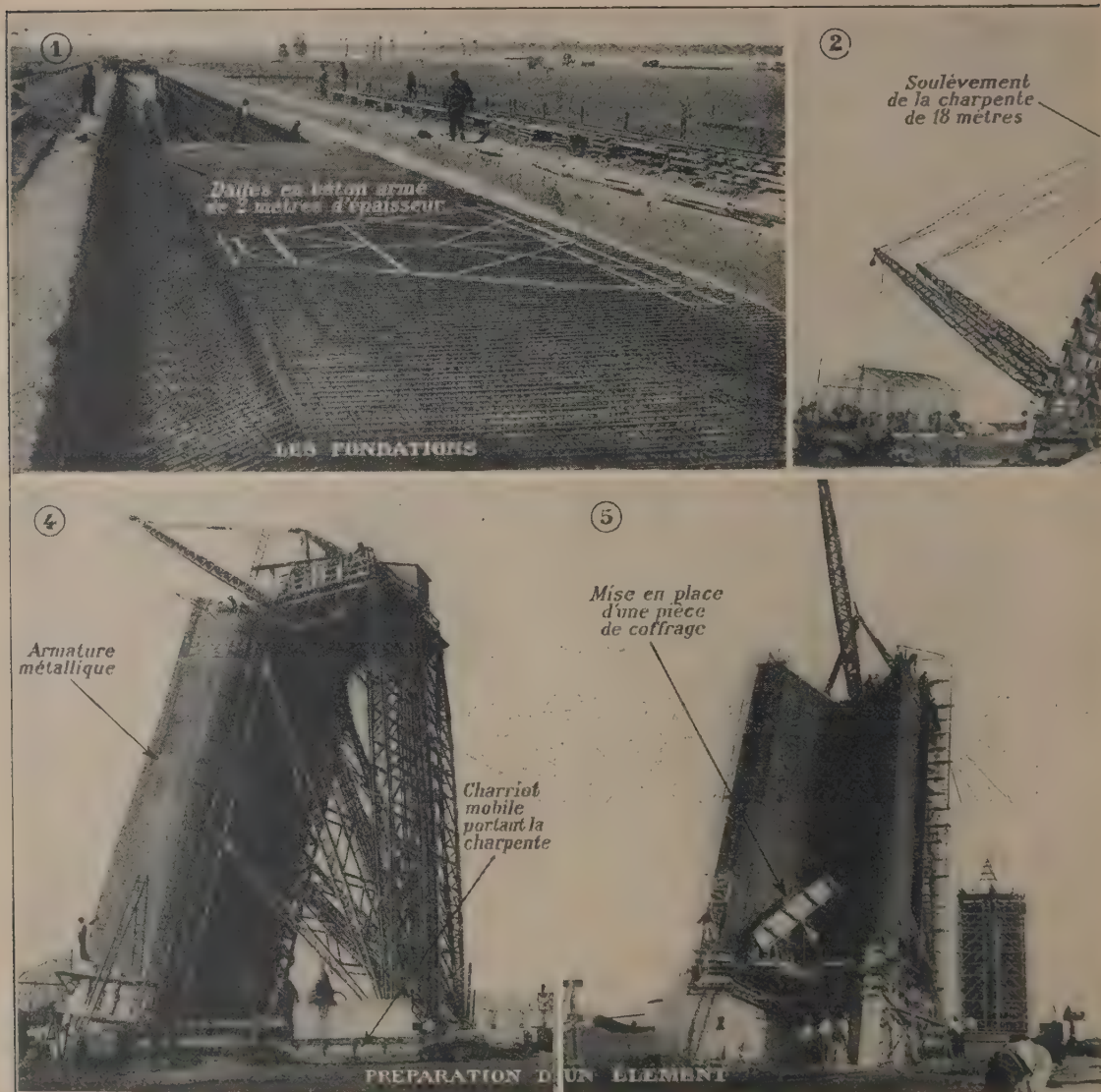
La solidité de l'ensemble est favorisée, en plus de cette égalité des coefficients de dilatation dont nous avons parlé, par une adhérence parfaite entre le métal et le ciment et par l'effet de conservation que ce même ciment produit sur la surface du métal.



CONSTRUCTION DES ARÈNES DU STADE OLYMPIQUE DE BOIS-COLOMBES
POUR L'OLYMPIADE DE 1924.

Dans le médaillon du milieu, on voit les armatures à l'extrémité recourbée sortant de la masse du béton.

Comment on construit du ciment armé. — Tout d'abord, il s'agit de choisir les matériaux avec un grand soin; on emploie indifféremment du fer quand on n'est pas trop limité par la résistance à donner à de faibles sections. Ce fer présente l'avantage, d'ailleurs, d'offrir une plus grande surface à l'adhérence étant d'un plus fort échantillon que les barres d'acier de résistance correspondante.



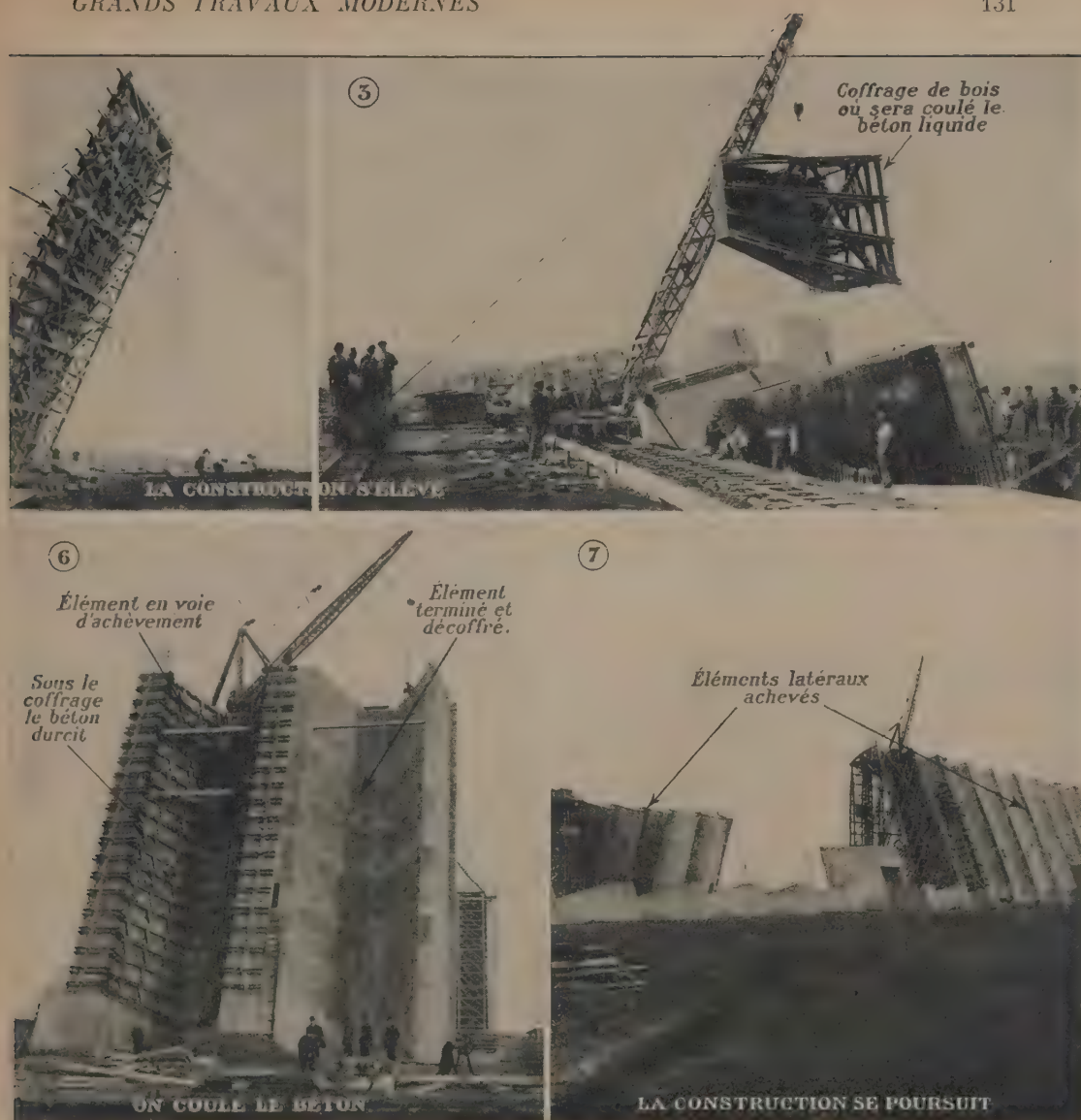
CONSTRUCTION DES GIGANTESQUES HANGARS A DIRIGEABLES DU PORT-AÉRIEN D'ORLY PRÈS PARIS.

Les figures portent les indications nécessaires. A la figure 1 on voit le gril d'acier noyé dans la masse du béton et formant cuirasse de deux mètres d'épaisseur, servant de massif de fondation.

Les barres, dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à plusieurs centimètres, sont généralement rondes (mais on en emploie aussi de carrées, dites côtes de vaches) elles auront été laminées ou étirées à l'exclusion de tout martelage qui ne donne pas au métal une homogénéité suffisante.

Quand on emploie de l'acier, c'est toujours de l'acier doux pour éviter une fragilité trop grande et une tendance à la cristallisation sous l'effet de vibrations répétées; on emploie généralement de l'acier Martin qui est de l'acier doux au carbone.

De même que pour le fer la section peut varier dans de grandes proportions



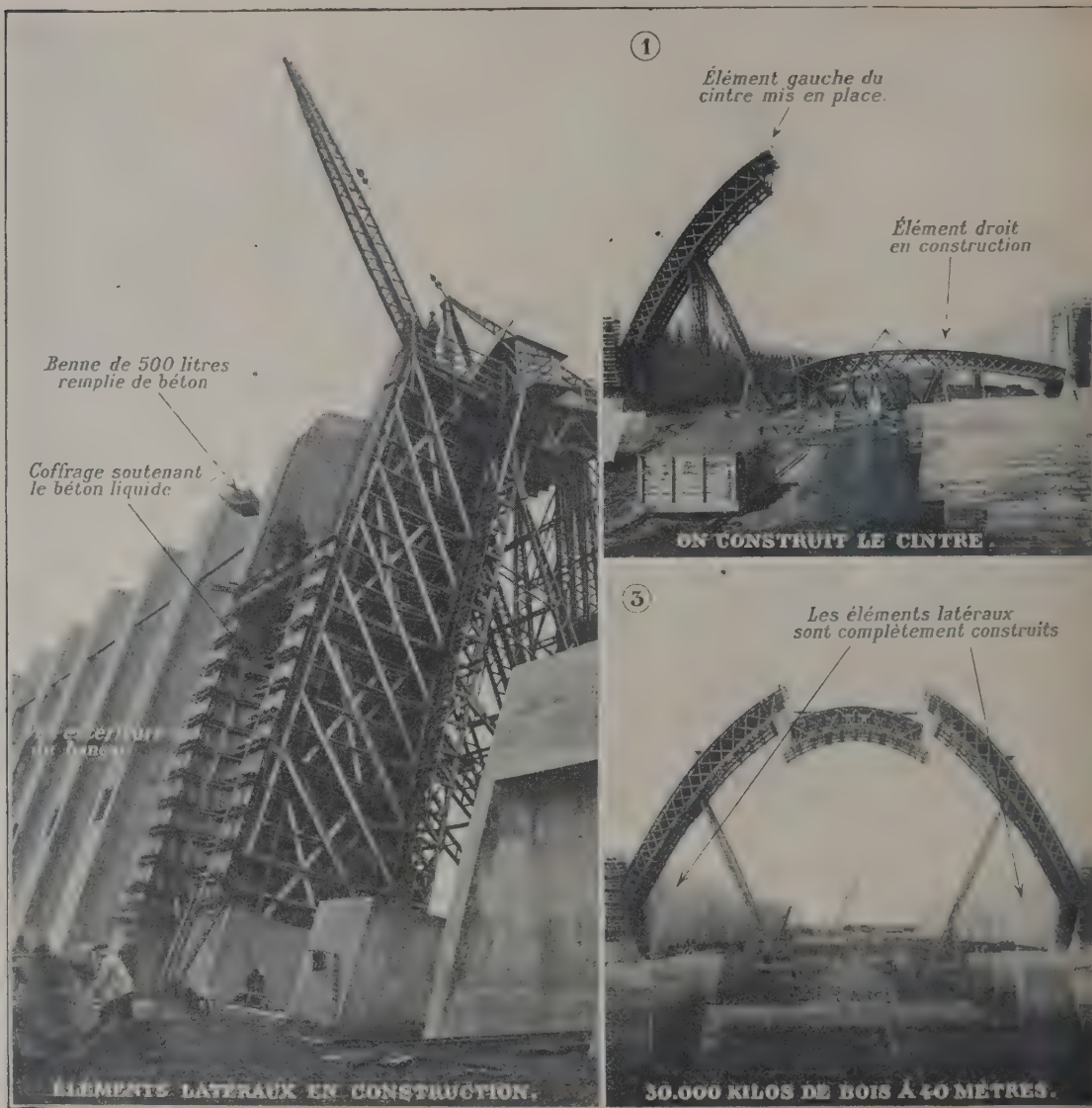
CONSTRUCTION DES HANGARS A DIRIGEABLES D'ORLY.

La série des figures représente la construction de la partie inférieure d'un des éléments Zorès dont réunion formera l'immense édifice. Cette 1^{re} section de base des éléments Zorès a 18 mètres de hauteur ce qui représente à peu près la hauteur d'une maison de 6 étages.

et, en tout état de cause elle est plus faible que celle des barres de fer pour le même effort calculé.

Les barres une fois choisies sont disposées à la place qu'elles doivent occuper dans l'intérieur de la future poutre ou du futur pilier. Leurs extrémités sont recourbées en épingle à cheveux et elles sont unies les unes aux autres par des montures transversales en métal de même section et solidement ligaturées avec du gros fil de fer¹.

1. Quelquefois même soudées électriquement ou à l'autogène.



CONSTRUCTION DES HANGARS A DIRIGEABLE

Ces photographies représentent les mêmes éléments Zorès que ceux de la page précédente, mais à un des immenses cintres à section de trapèze qui soutiendra le coffrage dans lequel sera coulé

Quand cette carcasse est mise en place, tout l'espace que doit occuper le ciment et le béton est circonscrit avec un coffrage ou enveloppe de planches jointives destinées à recevoir et à contenir le mélange semi-liquide que l'on va y verser.

Il ne reste plus maintenant qu'à confectionner le béton et à le mettre dans ce coffrage.

Pour cela, on effectue à la main ou à la bétonnière un mélange intime de sable et de ciment qui reçoit de l'eau en proportion désirée puis est mélangé avec les graviers.



DU PORT AÉRIEN D'ORLY, PRÈS PARIS.

stade de construction plus avancé; dans la partie centrale (Fig. 1, 2, 3, 4) on voit comment est mis en place le béton de ciment presque liquide, qui une fois durci et décoffré constituera un élément Zorès complet.

Quelquefois le composé de sable, ciment et gravier s'effectue à sec et reçoit l'eau après mélange intime.

Les produits doivent être choisis avec beaucoup plus de soins que pour une maçonnerie ordinaire, le béton après sa prise étant soumis à des efforts considérables, le moindre flache, fissure ou défaut de prise pourrait avoir des effets désastreux. témoin cet éroulement d'une passerelle à l'Exposition de 1900, à Paris (occasionnée par l'infiltration des eaux de pluie dans une fissure), qui entraîna la mort de nombreuses victimes.

On mélangera donc du bon ciment Portland, similaire ou de laitier (qui

sont, on le sait, des silicates complexes de chaux) avec du sable de rivière bien lavé, calibré et exempt de toute poussière.

Le gravier peut être, soit du gravillon, c'est-à-dire du sable grossier dont tous les grains ont la même dimension approximative, celle d'un grain de raisin ou d'une olive, ou bien du gravier dont les dimensions des grains s'échelonnent depuis quelques millimètres jusqu'à la grosseur du poing environ.

D'ailleurs, pour les petits et moyens ouvrages, les gravillons fins et homogènes sont toujours plus employés.

Avant d'aller plus loin et d'examiner la série des édifices que l'on a coutume de construire en ciment armé, remarquons tout de suite que les éléments de ces édifices ne travaillent pas de la même façon qu'une voûte, bien que l'habitude se soit conservée de désigner ainsi une partie cintrée construite en ciment armé par analogie avec la forme d'une voûte véritable.

En effet, celle-ci étant construite de pierres taillées en forme de tronc de pyramide peut ne comporter la présence d'aucun mortier pour lier les blocs qui tiennent statiquement par l'impossibilité ou ils sont d'occuper une position inférieure à celle qui leur est assignée, sans écarter leur point d'appui.

Depuis la clé de voûte (ou bloc du milieu de l'arc de la voûte) l'effort se transmet ainsi de proche en proche jusqu'au piedroit. On comprend d'ailleurs que l'extrados (partie supérieure externe) d'une voûte étant plus long que l'intrados (c'est-à-dire la partie interne et inférieure) ne peut pas s'enfoncer entre les appuis sans écarter ceux-ci; c'est pourquoi toute la solidité d'une voûte repose sur l'indéformabilité des appuis et la poussée qui tend à les écarter est d'autant plus forte que la voûte est plus surbaissée, c'est-à-dire que l'arc qu'elle dessine est plus tendu.

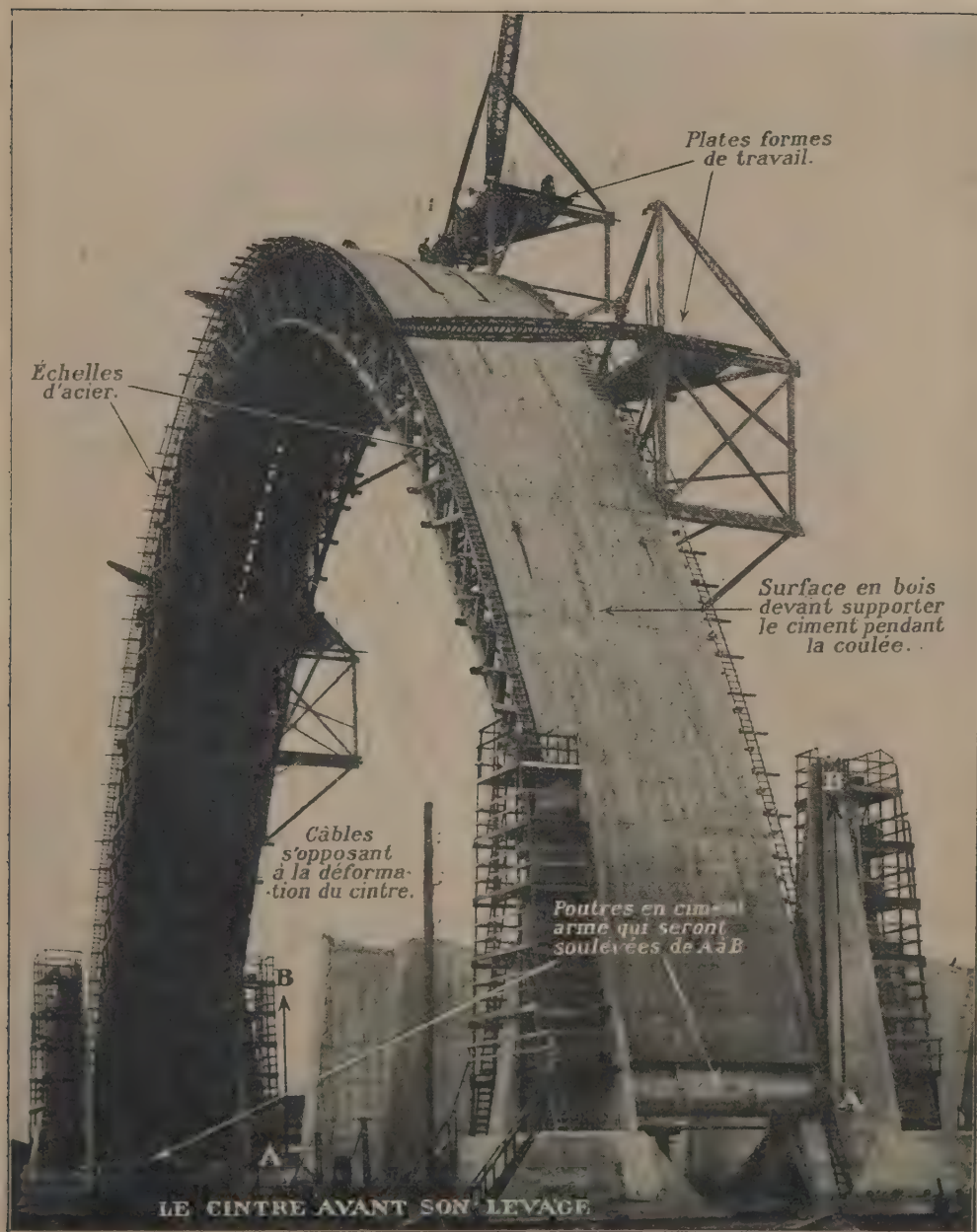
Rien de semblable dans le ciment armé; une poutre, un plancher ou une voûte (pris dans le sens que nous avons dit plus haut) travaille de la même façon sans exercer aucun effort latéral d'écartement sur ses appuis. Tout le travail de traction est absorbé par les tiges en acier qui, en tirant sur leurs extrémités, ont tendance à rapprocher les particules de béton qui travaillent ainsi à la compression et le tout constituant un ensemble indéformable.

Nous verrons plus loin l'infinie variété de travaux que l'on peut exécuter en ciment armé et chaque fois nous retrouverons les mêmes qualités de simplicité de moyens mis en œuvre, de solidité, de légèreté, d'exécution rationnelle.

Mais, parmi tous ces travaux, il en est un tout récemment édifié que nos gravures montrent d'ailleurs en voie d'achèvement et qui représente au point de vue constructif un bel effort, tant par les méthodes de conception à la fois hardies et originales que par l'exécution technique elle-même; nous voulons parler des grands hangars à dirigeables du port aérien d'Orly près de Paris.

Ces immenses édifices, qui seront au nombre de deux, mesurant plus de 300 mètres de longueur, sont composés d'éléments Zorès juxtaposés en forme de courbes ogivales reposant directement sur le sol des fondations. Ces éléments Zorès sont des sortes d'anneaux en section de trapèze qui, sous une très faible épaisseur ne dépassant pas une trentaine de centimètres à la clé, présentent une rigidité et une résistance remarquables.

Il n'y a pas grand'chose de particulier dans l'agencement des quelques 600 tonnes d'acier et des 11 000 mètres cubes de ciment entrant dans la con-



UN DES IMMENSES CINTRES ÉLEVÉ SUR SON CHEMIN DE ROULEMENT, AVANT LA POSE DES COFFRAGES

Le cintre est figuré ici dans la position qu'il occupe pour passer d'un élément achevé au suivant. Sa position de travail est à 18 mètres plus haut, au niveau des plates-formes B, à la hauteur desquelles il est élevé, le moment venu, grâce à des ascenseurs non figurés ici.

fection d'un de ces hangars; mais ce qui était vraiment original et nouveau était le procédé lui-même de construction.

En effet, les fondations étaient représentées par une immense dalle en béton armé de 300 mètres de long sur 7 m. 85 de largeur et un mètre d'épaisseur. Directement au milieu de ces dalles s'élevait un mur en béton de 17 mètres de haut puis, au-dessus, commençait la voûte proprement dite dont la section allait s'amincissant jusqu'au sommet.

Comme du ciment devait être coulé dans les coffrages mis en place, il avait été nécessaire de construire un immense cintre pour supporter ces coffrages, tout au moins à la partie intérieure; mais comme le profil Zorès présente des sections trapézoïdales dans le sens longitudinal, on ne pouvait songer à faire glisser le cintre d'un élément achevé à l'élément suivant; c'est pourquoi M. Freyssinet, l'ingénieur chargé des travaux installa les deux extrémités inférieures de son cintre chacune sur un véritable ascenseur en ciment armé, montées sur des chariots roulant sur des rails.

Quand un élément Zorès était terminé, on descendait le cintre qui emmenait avec lui le coffrage intérieur de l'élément; le tout pouvait alors progresser jusqu'à la tranche suivante, en passant sous la partie la plus basse de l'anneau achevé. Arrivé en place, les vérins hydrauliques entraient en jeu pour hausser le cintre à sa hauteur normale. Le coffrage était remonté, l'armature de fer mise en place et le ciment coulé entre les deux parois du coffrage.

Comme l'on ne pouvait songer, vu la faible épaisseur dont on disposait, à pilonner le béton, c'est-à-dire à le presser à coups de pilon, on s'est contenté, tout en employant un mortier assez liquide, de frapper sur le coffrage extérieur à l'aide de marteaux pneumatiques. Les secousses ainsi produites avaient pour effet de tasser le béton, de le faire descendre dans les coffrages, de bien noyer l'armature dans les masses, de chasser les bulles d'air et de combler les vides.

Ces énormes constructions sont éclairées par 2 428 panneaux vitrés distribués sur les arêtes planes extérieures de chaque élément Zorès.

À la partie supérieure de la voûte sont ménagés également des lanterneaux d'aération de 0 m. 50 de hauteur sur 10 mètres de longueur.

Enfin, pour permettre l'accès au ballon qui doit occuper l'intérieur de cet édifice, pour accéder à toutes les parties de sa surface, on a fixé à l'intrados de la voûte, 5 rails de roulement (qui peuvent être utilisés pour l'aménagement de ponts mobiles) et 5 passerelles de 1 mètre de largeur sur 2 mètres de hauteur, lesquelles sont suspendues également aux éléments épais de la voûte sur toute sa longueur; car en effet la voûte n'est pas d'une épaisseur uniforme, les parties planes ayant 0 m. 345 et seulement 0 m. 20 au sommet; les parties obliques ont 0 m. 155 à la base et 0 m. 09 au faite.

Quatre escaliers également construits en ciment armé sont répartis le long des parois internes de chaque hangar, logés dans des espaces creux formés entre deux nervures du profil et permettent d'accéder aux passerelles supérieures de l'édifice.

Citons en passant quelques chiffres :

La construction de chaque hangar a nécessité l'enlèvement de 9 600 mètres cubes de déblais. Il entre dans sa construction 11 000 mètres cubes de ciment, 580 tonnes d'acier pour l'armature et 380 mètres carrés de verre armé pour les fenêtres.



HANGAR A DIRIGEABLE TERMINÉ (SAUF LES PORTES) AU PORT AÉRIEN D'ORLY PRÈS PARIS.

On se rend compte des énormes dimensions de l'ouvrage d'après celles de la baraque militaire qui se trouve au premier plan. On se rend compte aussi de la forme d'un élément Zorès dont la section est en forme de trapèze; les ouvertures que l'on voit, au dos des éléments, sont garnies d'épais vitrages et servent à donner du jour à l'intérieur.



Cl. Cossira.

ARMATURE EN BARRES D'ACIER D'UNE CONDUITE FORCÉE EN CIMENT ARMÉ.

Les conduites qui amènent aux turbines des usines hydrauliques modernes l'eau motrice sont généralement en tôle d'acier rivées. Mais cependant, quand la dénivellation n'est pas trop forte et par conséquent la pression intérieure trop élevée et d'autre part quand le volume des eaux à conduire est considérable, on se sert de véritables tunnels en ciment armé dont notre gravure représente le plus fort échantillon actuellement en service.

Cette conduite est capable de donner passage à la moitié du débit total de la Seine à Paris, au pont de la Concorde, et que l'on peut interrompre à volonté, par le jeu d'une vanne mue par un servomoteur, comme on ferme le robinet de sa cuisine ou de son cabinet de toilette.

La technique de sa construction ne diffère guère de celle des autres travaux en ciment armé. Une fois mise en place l'armature en barres d'acier doux, attachées avec des ligatures ou fil de fer ou soudées à l'autogène, on construit le radier ou partie inférieure. On met ensuite en place un coffrage soutenu par des cintres, on coule du béton riche de ciment et on lisse soigneusement l'intérieur au moyen d'un enduit de ciment.



CONSTRUCTION DU PONT DE SAINT-PIERRE DE VAUVRAY
SUR LA SEINE.

En haut, les charpentes du cintre; au milieu le coffrage de l'arc en place; en bas, l'arc en ciment est décoffré.

LES GRATTE-CIEL

Le ciment armé dont nous avons esquissé la technique n'est pas le seul moyen de construction moderne qui permette les conceptions hardies auxquelles se complaisent les architectes contemporains. Pendant longtemps même, par manque d'audace et de connaissance des qualités de ce matériau, il a été réservé aux constructions de petite et de moyenne importance.

Parmi ces grands travaux auxquels nous faisons allusion, il en est peu qui aient frappé l'imagination du monde comme les fameux gratte-ciel de New-York (Sky-scrapers : littéralement, gratte-ciel, en anglais).

L'extension énorme de cette ville, resserrée entre ses îles et ses fleuves a, en dépit des multiples moyens de pénétration, donné aux terrains une valeur immense. Il était naturel que les Américains, avec leur esprit d'initiative et leur allant, aient conçu et exécuté ces édifices à multiples étages qui sont eux-mêmes comme une ville dans la ville.

Voici les caractéristiques des trois plus grands buildings (ou maisons d'affaires) de la métropole des États-Unis;

	SINGER BUILDING	MÉTROPOLITAIN BUILDING	WOOLWORTH BUILDING
Hauteur	188 m. 50	213 m. 50	240 m. 50
Nombre d'étages	46	50	55
Poids total	75 000 tonnes	77 100 tonnes	93 440 tonnes
Surface totale des planchers	44 514 m ²	101 168 m ²	161 818 m ²
Nombre de lampes électriques	16 500	30 000	80 000
Longueur des tuyaux d'eau	80 590 mètres	20 920 mètres	69 230 mètres
Nombre d'ascenseurs	16	38	28
Course totale des ascenseurs	1 207 mètres	2 415 mètres	3 218 mètres

Nous allons étudier à titre d'exemple un peu en détail le « Woolworth building, le plus fameux d'entre eux ».

Constitué par une ossature métallique recouverte de maçonnerie dans les étages inférieurs, de briques et de ciment dans les étages supérieurs, cet édifice présente une première partie de 30 étages, au-dessus de laquelle s'élève une tour de 25 étages.

Il est édifié sur un terrain de 60 mètres sur 46 m. 35, qui est entièrement couvert jusqu'au 4^e étage; à partir de celui-ci l'édifice prend une forme en U entre les deux branches duquel est délimitée une cour de 10 m. 65 sur 28 m. 69.

Aux 30 étages de la tour s'ajoute une pyramide qui comprend elle-même 5 étages et qui mesure 32 mètres de haut; la galerie qui est à sa base est à 222 mètres du sol, ce qui donne, pour la hauteur totale de l'édifice, 275 mètres, y compris les fondations.

Celles-ci ont été foncées dans le sol à l'aide de caissons en tôle d'acier, après qu'on eût enfoncé à force de sonnettes à vapeur un véritable mur de



Cl. Underwood.

QUELQUES-UNS DES PLUS CARACTÉRISTIQUES GRATTE-CIELS DE NEW-YORK

palplanches pour soutenir les terres voisines qui supportent des édifices, dont le poids aurait entraîné des effondrements.

Les caissons de fondation, au nombre de 61 sont espacés suivant la nature du terrain de 3 ou 9 mètres et disposés en lignes; leur surface intérieure est de 3 mètres carrés pour les plus petits et de 25 mètres carrés pour les plus grands. Ils sont foncés jusqu'aux terrains solides à une profondeur d'environ 35 mètres, et remplis de béton.

Les piles de béton ainsi formées, de 20 mètres de hauteur et reposant sur un sol ferme, ont reçu à leur tour les colonnes d'acier formant l'ossature, d'ailleurs très simple, de tout l'édifice.

Un assemblage de fers à I (et ici nous retombons dans la technique du béton armé) rend l'ensemble solidaire et fait du bloc de fondation une sorte de monolithe ou massif d'un seul bloc.

Il ne faudrait pas croire que des nuées d'ouvriers ont été occupés à l'édification de cette œuvre gigantesque. Les chantiers de montage proprement dits, non compris les riveurs, n'ont guère dépassé l'effectif de 40 ouvriers qui n'ont mis que six mois pour aller au trentième étage. Les 17 étages suivants furent montés en deux mois; le gros travail était constitué par le rivetage qui occupait 80 hommes maniant des riveuses pneumatiques et qui posaient chacun jusqu'à 7 000 rivets par jour, 200 tonnes de rivets entraient dans la construction, lesquels étaient manutentionnés, ainsi que les autres matériaux, par des grues et des derricks électriques de 80 chevaux de force chacun.

Le poids total du bâtiment est de 250 000 tonnes et la charge supportée par les planchers calculée à 365 kilogrammes par mètre carré jusqu'au vingtième étage, en diminution ensuite de 5 p. 100 par étage pour descendre à 180 kilogrammes, au minimum.

Quant à l'action du vent qui est non négligeable sur l'énorme surface latérale d'un pareil édifice, elle a été calculée pour un vent de 10 mètres à la seconde à raison de 145 kilogrammes par mètre superficiel.

Les planchers sont construits en béton armé et en briques dans les étages supérieurs.

La disposition des locaux fut étudiée à la demande des futurs locataires. M. Woolworth est un commerçant avisé qui a édifié une fortune colossale en créant dans tous les États-Unis des bazars à 0,25 et 0,50 ce qui lui a permis de consacrer la bagatelle de 15 millions de dollars à son édifice, mais, nous le répétons, en commerçant avisé, il a installé dans cette maison tout ce qui pouvait en faciliter l'usage aux commerçants, aux bureaux, clubs et même à certaines industries). Parmi ses locataires sont les banques (la cave des coffres-forts est protégée par un mur de 0 m. 60 d'épaisseur dont l'armature est faite avec des rails en acier).

Dans le sous-sol sont des salons de coiffure, des restaurants pour 500 personnes, une piscine, des établissements de bains turcs, etc., 18 magasins occupent le rez-de-chaussée et par groupes d'étages sont des bureaux de poste, de télégraphie ou de téléphonie.

Les 28 ascenseurs qui font le service de cet immense phalanstère sont groupés en séries dont les courses sont de 100, 161, 184 et 207 mètres: les uns desservent les étages inférieurs, les autres les étages supérieurs: ils peuvent



Cl. Underwood.

LE PONT DE BROOKLYN ET L'ILE DE LONG-ISLAND.



UNE SÉRIE DE GRATTE-CIELS LE LONG D'UN QUAI DE NEW-YORK, LE LONG DE L'EAST-RIVER, OU LE PRIX LES UNS SUR LES AUTRES ET D'EMPILER LES ÉTAGES POUR COMPENSER PAR UN DÉVELOPPEMENT EN HAUTEUR PHOTOGRAPHIE, UN HYDRAVION DE TRANSPORT, QUI APRÈS AVOIR PRIS SON ESSOR AU RAS DE L'EAU, AU NIVEAU



DES TERRAINS A ACQUIS UN PRIX TELLEMENT EXORBITANT QUE L'ON EST OBLIGÉ D'ENTASSER LES IMMEUBLES EXAGÉRÉ, L'IMPOSSIBILITÉ DE S'ÉTENDRE LATÉRALEMENT. ON VOIT ÉGALEMENT SUR CETTE REMARQUABLE DES SOUS-SOLS, DES SKY-SCRAPERS, VOLE A LA HAUTEUR DES ÉTAGES SUPÉRIEURS.



LES NOUVELLES POMPES A INCENDIE DE NEW-YORK.

*A mesure que les maisons grandissent, le matériel d'incendie a vu s'accroître sa puissance.
Cette pompe lance son jet à 300 pieds de hauteur.*

transporter 7 000 personnes à l'heure; les cabines sont pourvues de téléphones et de tous les dispositifs de sécurité usuels y compris un amortisseur qui, en cas de chute, utilise comme matelas élastique l'air qu'il comprime en dessous de lui à la manière d'un piston de pompe; pendant les essais, on a lâché une cabine lestée de près de 4 000 kilogrammes depuis le quarante-huitième étage; elle s'est arrêtée après sept secondes et demie de chute et la pression de l'air s'est élevée dans le puits à 1 kilogramme par centimètre carré.

Tous ces ascenseurs sont électriques.

Voici quelques statistiques qui fixeront les idées sur l'importance de cet ouvrage; nous en choisissons quelques-unes seulement dans la longue liste des caractéristiques pour ne pas lasser l'attention du lecteur et ne point l'importuner par l'aridité des chiffres, extraits de l'excellent ouvrage de Fournier¹.

Les fouilles ont nécessité l'enlèvement de 46 000 mètres cubes de déblais. 3 kilomètres de palplanches en bois ont été enfoncées dans le sol ainsi que 350 tonnes de palplanches d'acier pour, ainsi que nous l'avons expliqué, maintenir les terrains mouvants pendant les fouilles et le fonçage des caissons.

18 000 mètres cubes de béton sont entrés dans la construction, armé avec 300 tonnes de fer.

La charpente d'acier pèse 25 000 tonnes; elle est garnie de 17 millions de briques et de 16 000 tonnes de pierres de taille.

Les revêtements supérieurs en feuilles de cuivre en ont absorbé 24 tonnes.

69 kilomètres de tuyaux de plomb ou de fer pour le service des eaux. 140 kilomètres de câble et de fil pour la lumière électrique. 370 kilomètres de fils téléphoniques ont été employés.

Les ouvertures, au nombre de 6 000, comprennent un nombre égal de portes (3 000) et de fenêtres, 6 chaudières de 500 chevaux fournissent la force motrice nécessaire à l'exploitation de l'immeuble ainsi que l'eau chaude. 4 dynamos de 1 500 kilowatts alimentent les ascenseurs et les 80 000 lampes électriques disséminés partout.

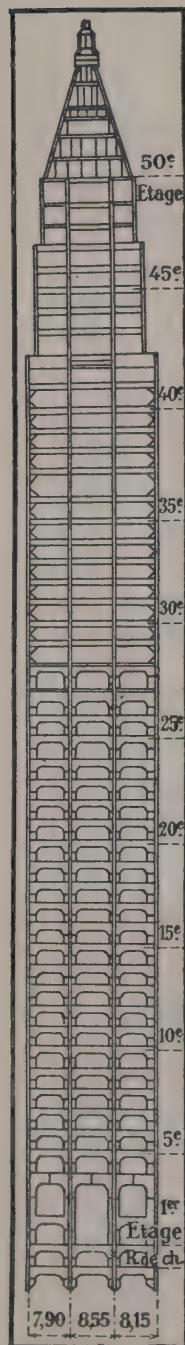
L'eau distribuée à tous les étages à 1 kilogramme et demi de pression au centimètre carré, est filtrée puis pompée aux différents étages, alimentant les appartements en eau potable, en force motrice, ainsi que le service très complet de protection contre les incendies.

Disons en passant que 1 000 lavabos distribuant de l'eau chaude à 79° en absorbent une notable partie.

Enfin, pour finir, notons que la construction commencée en 1910 fut complètement terminée le 1^{er} avril 1913.

UN PREMIER MODÈLE : LA TOUR EIFFEL

En résumé, ces immenses constructions ne ressortissent pas à l'art du maçon mais bien plutôt à celui du charpentier en fer, la maçonnerie n'intervenant que comme remplissage afin de constituer des parois qui tiennent tout l'espace compris entre les membrures métalliques, lesquelles constituent vraiment l'ossature, le squelette résistant de la construction.



DISPOSITION DES ÉTAGES DE WITH-MORTH BUILDING.

1. Les grands travaux. Fournier, Hachette, édit. Paris.

Cela est tellement vrai que M. Woolworth ayant eu l'idée saugrenue d'orner sa maison de motifs gothiques (pourquoi gothiques, Seigneur?) lesdits ornements ont été rapportés et collés aux façades à la manière de ces clochetons et de ces chapiteaux que l'on voit édifiés en sucre ou en saindoux à la devanture des marchands de nougats ou des artistes charcutiers.

Et, sans plus de raillerie, l'on peut admirer la hardiesse de ces constructions mais davantage encore le sens pratique qui a procédé à leur édification; car, au point de vue constructif, un modèle était déjà créé qui n'a pas été surpassé ni même égalé depuis, c'est la Tour Eiffel.

Là, point d'utilisation pratique immédiate, point de camouflage de maçonnerie, mais de belles grandes lignes pures se dessinant sur le ciel de toute leur simple et sévère beauté.

La Tour Eiffel est non seulement le premier ouvrage entièrement métallique de telles proportions, mais encore celui qui a le premier transporté sur les chantiers les conceptions purement théoriques de l'Ingénieur sans rien sacrifier à l'expérience de la main-d'œuvre, à l'empirisme.

Certes, nous connaissons des ouvrages antiques où les pierres de grand appareil assemblées sans ciment étaient amenées à pied d'œuvre, déjà taillées sur les dessins de l'ingénieur, mais cette taille n'était qu'approximative; il y avait toujours adaptation définitive, en cours de construction, pour marier les pierres les unes aux autres et tailler définitivement leur surface de réunion.

Pour la Tour Eiffel, rien de semblable. MM. Ch. Nouguier et Maurice Koechlin ayant présenté un avant-projet sous la direction de M. Eiffel, puis ayant obtenu une concession de vingt ans à partir de janvier 1890, immédiatement une équipe de 40 dessinateurs et calculateurs se mirent à l'œuvre pour créer la forme et calculer la résistance des quelques 15 000 pièces qui devaient composer la Tour.

Ils travaillèrent deux ans à cette œuvre gigantesque, remplissant 5 000 feuilles de dessin de 1 mètre de large sur 0,80 de hauteur; des bleus tirés sur ces calques furent distribués dans les forges et dans les fonderies, les pièces usinées aux dimensions, percées d'avance et amenées sur le chantier où leur assemblage devait coïncider exactement sans nécessiter d'ajustage.

C'est là, croyons-nous, la première fois que l'on édifia, si l'on peut dire, complètement sur la table de l'ingénieur une construction d'une telle importance dont le montage seul restait à effectuer sur le chantier. Et c'est pourquoi il n'est pas sans intérêt de donner quelques détails intéressants sur cette gigantesque construction qui, après avoir étonné, voire même un peu scandalisé les Parisiens, est devenue une silhouette amicale dans leur ciel et qui manquerait au paysage si elle venait brusquement à disparaître.

Fondée sur 4 piliers exactement placés aux quatre points cardinaux, la Tour s'élève à 300 mètres au-dessus du niveau du sol.

Les piliers sud et est reposent sur une semelle de béton ayant seulement deux mètres d'épaisseur et reposant elle-même sur une masse de sable et de gravier.

Le pilier nord et le pilier ouest sont édifiés sur des caissons de 6 mètres sur 25 mètres, foncés à 5 mètres au-dessous du niveau de la Seine, dans lesquels on a coulé du béton et sur lesquels on a construit le soubassement en pierres



UNE POMPE DES PARISIENS QUI N'A RIEN A ENVIER A CELLE DES NEW-YORKAIS.

de Château-Landon. 12 000 mètres cubes de maçonnerie ont été employés à la construction de ces piles pour supporter les quelques 7 millions de kilogs d'acier que pèse la Tour¹.

Les parements extérieurs de ces piliers sont composés de rochers artificiels rapportés uniquement pour l'ornement. Dans l'intérieur se trouvent les vérins hydrauliques qui permettent, en faisant monter ou descendre les piliers, de conserver une parfaite verticalité à l'axe de la Tour.

Dans le pilier sud est édifié une usine fournissant l'énergie pour le service de la Tour.

Chacune des piles est composée de 4 montants obliques solidement entretoisés et qui s'élancent d'un seul jet jusqu'au premier étage à 57 mètres au-dessus du sol.

En dessous d'eux se trouve un arc du plus gracieux effet et, au-dessus, les réunissant et assurant la rigidité de l'ensemble, une forte poutre en treillis de 7 m. 45 de hauteur. Dépasant cette poutre vers l'extérieur est un encorbellement qui augmente d'autant la surface du premier étage, lequel atteint tout près d'un hectare.

Le premier étage, avons-nous dit, est à 57 m. 63 au-dessus du sol; le deuxième étage à 115 m. 73, la plate-forme intermédiaire à 276 mètres, la plate-forme supérieure à 295 m. 95 et enfin la plate-forme supérieure de l'édicule qui s'élève sur la troisième plate-forme est exactement à 300 m. 65 au-dessus du sol.

Nous avons vu que 15 000 pièces environ entraient dans la construction de la Tour, d'un poids de 7 millions de kilogrammes; 2 millions 500 000 rivets placés, matés et bouterollés à la main assurent les assemblages.

Des escaliers dans chaque pilier permettent d'accéder au premier et au second étage concurremment avec les ascenseurs. A partir du deuxième étage les ascenseurs seuls permettent d'arriver au sommet de la Tour.

Dans les piliers est et ouest, deux ascenseurs hydrauliques à deux cabines peuvent transporter 1 000 personnes à l'heure jusqu'au deuxième étage; dans le pilier nord est un appareil plus petit mû par l'électricité et effectuant, à raison de 30 personnes à la fois, six voyages par heure.

Entre le deuxième et le troisième étage les communications sont assurées par un ascenseur système Eydoux qui comporte deux wagons placés aux deux extrémités de la même chaîne et qui se font mutuellement contrepoids.

La commande est hydraulique et alimentée par un réservoir d'eau situé à 276 mètres de hauteur; cet ascenseur peut transporter 750 personnes à l'heure à raison de 67 passagers par voyage.

Cette construction, vraiment merveilleuse si l'on se rapporte à l'époque où elle a été conçue par le créateur du viaduc de Garabit, du pont du Douro, de la Statue de la liberté à New-York, M. Eiffel, et édictée dans les conditions de précision que nous avons signalées, fut un objet d'étonnement, il faut le reconnaître, mais aussi d'admiration pour la masse des visiteurs venus à Paris à l'occasion de l'exposition de 1889.

Ce fut vraiment le clou de cette exhibition. Et aujourd'hui même tous

1. D'ailleurs les poids sont si judicieusement répartis, la surface d'appui des pieds de la tour est telle, que cette énorme masse ne pèse pas plus sur le sol, au décimètre carré, qu'un modeste mur de quelques mètres de hauteur.



LE MODÈLE DE TOUTES LES CONSTRUCTIONS GÉANTES MODERNES, LA TOUR EIFFEL PENDANT SA CONSTRUCTION.

les objets de bimbeloterie, tous les articles de Paris datant de cette période sont invariablement frappés d'une marque ou d'un dessin représentant la silhouette vraiment élégante de la Tour.

Mais l'Exposition finie, l'on se demandait à quoi pourrait bien servir un pareil édifice.

Déjà à peine achevé, le Laboratoire du sommet avait reçu, par les soins du Pr Mascart, une installation d'appareils enregistreurs qui en faisaient un Laboratoire météorologique fort bien outillé.

Les indications des appareils étaient transmises électriquement par fil au bureau central météorologique de Paris.

Toutes les heures, les indications étaient relevées et inscrites concernant :

- 1^o Vitesse du vent.
- 2^o Direction du vent dans le sens vertical et dans le sens horizontal.
- 3^o La température de l'air.
- 4^o La pression atmosphérique.
- 5^o L'hygrométrie.
- 6^o La luminosité, etc.

Ces statistiques forment encore aujourd'hui une source de documents du plus haut intérêt pour les recherches aérologiques en général.

De grands savants comme Chauveau, Colardeau, Janssen l'astronome, Henocque, etc., etc., y firent des recherches personnelles du plus haut intérêt, et c'est là que Cailletet construisit son fameux manomètre à air libre qui permit

d'étalonner rigoureusement par comparaison pour les fortes pressions, les appareils métalliques.

Détail piquant, les ennemis de la Tour n'avaient pas désarmé, et, en dépit des protestations de M. Eiffel et de la plupart des savants de l'époque, la démolition de la Tour était sur le point d'être ordonnée, sur l'injonction d'un certain nombre d'artistes (!) qui prétendaient que son profil « déshonorait » Paris, lorsque M. Eiffel mit son Laboratoire, gratuitement, à la disposition du Capitaine Ferrié pour les premières expériences de T. S. F., la Tour devint ainsi la première antenne du premier poste de télégraphie militaire en France; cela lui sauva la vie et nous n'avons pas à apprendre à tous les Parisiens de la Guerre le rôle immense que, sous la direction de son chef (aujourd'hui Général Ferrié) elle a joué dans la défense nationale.

UN CHEF-D'ŒUVRE DE DÉMOLITION

Quand, il y a quelques années, une épouvantable catastrophe, survenant après bien d'autres hélas, ensanglanta les tunnels des Batignolles, on décida sous le coup de fouet de l'émotion publique de démolir sans plus attendre cet obstacle qui avait déjà causé la mort de tant de victimes.

Si l'on avait tardé si longtemps, et malgré les accidents répétés, qui se produisaient toujours à ce point d'étranglement de la sortie de la gare Saint-Lazare, c'est que l'on considérait vraiment ce travail comme d'une difficulté technique inouïe.

On ne pouvait songer, en effet, à interrompre la circulation des trains pendant les travaux.

D'un autre côté, il ne suffisait pas d'enlever les maisons et le tertre de terre qui les portait au-dessus du tunnel, mais encore de déplacer le boulevard des Batignolles lui-même, avec l'inextricable lacs de canalisations qui le sillonne, sans parler des tunnels, et du métropolitain qui roule à un mètre à peine au-dessus des vieilles voûtes batignollaises.

La première chose à faire avant de tenter la démolition des anciens tunnels et même avant de commencer les déblais, était de soutenir de chaque côté du chantier la rue de Rome et la rue Boursault qui, parallèles aux voies du chemin de fer n'auraient pas manqué de s'effondrer sous la pression des terres et des édifices, une fois supprimé l'étalement naturel formé par la masse des matériaux et des voûtes à enlever.

On commença donc par creuser, parallèlement à la rue Boursault, une immense tranchée de 18 mètres de profondeur, fortement étayée et dans laquelle, entre deux parois de maçonnerie, on coula une masse de ciment d'environ 2 mètres d'épaisseur.

Du côté de la rue de Rome, le travail était plus compliqué; le tunnel de la ligne d'Auteuil qui passe à cet endroit et qui est en partie creusé sous la chaussée même, s'opposait à l'établissement d'un appareil analogue de défense contre les éboulements.

D'ailleurs ce tunnel d'Auteuil devait être conservé.

On imagina alors de renforcer, à l'aide de contreforts, le mur des piédroits séparant le tunnel d'Auteuil du tunnel n° 2 destiné à disparaître. Mais là une difficulté se présenta, difficulté due à la variété des matériaux dont était composée l'ancienne maçonnerie, les uns de pierres tendres et les autres de matériaux compacts absolument rebelles à l'attaque des outils ordinaires.

La pierre tendre fut creusée en forme de crans ou de tenons dans lesquels pénétra la maçonnerie nouvelle ou qui se laissa pénétrer par elle, constituant ainsi un ensemble homogène.

Quant aux pierres dures, à l'aide d'une perforatrice on y perça des trous de quelques centimètres de diamètre dans lesquels furent scellées des barres de fer terminées de l'autre côté par une sorte de crosse ou de boucle (qu'on imagine une forêt de cannes piquées dans la maçonnerie et laissant dépasser leur poignée). Il suffit alors, pour lier d'une façon indissoluble la maçonnerie ancienne et la nouvelle, de noyer ces crosses dans le mortier de la nouvelle construction.

Ceci fait, commencèrent les travaux de déblayement, après démolition des vieilles maisons qui couronnaient la butte.

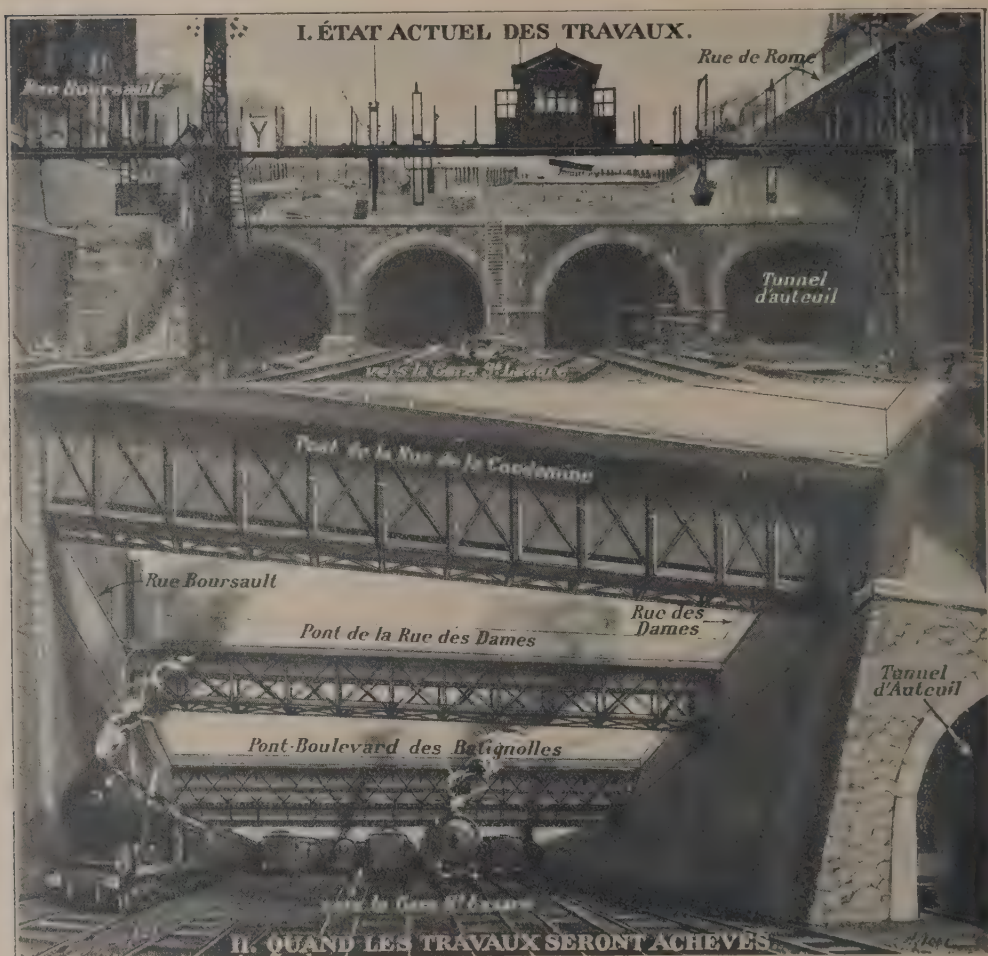
On y employa des pelles à vapeur, des excavatrices et des outils de piochage pneumatiques; on n'était pas souvent accoutumé à voir, en plein Paris, fonctionner un pareil outillage.

D'un seul coup, les pelles à vapeur (sortes de grues dont les bras articulés supportent une espèce de cuillère ou benne armée sur son bord tranchant de fortes dents d'acier) viennent racler la paroi du remblai en arrachant, dans un effort impressionnant : terre, pierres, maçonnerie, pans de murs, etc.

D'un seul mouvement cette benne arrache 3 tonnes de matériaux et en deux coups de pelle (c'est le cas de le dire) remplissait un camion auto-



LE CHANTIER DU TUNNEL DES BATIGNOLLES. LA BUTTE ET SES MAISONS ONT DISPARU SOUS L'EFFORT DES DÉMOLISSEURS.



LA DÉMOLITION DU TUNNEL DES BATIGNOLLES.

En haut les travaux en cours d'exécution; la butte et les maisons ont déjà disparu, et le déblaiement atteint les voûtes en bas, le pont boulevard des Batignolles est en place et la voie complètement dégagée.

mobile qui partait aussitôt à Gennevilliers où ces déblais ont servi à combler des carrières épuisées.

Gagnant de proche en proche, tout l'ensemble du chantier descendait et bientôt en vint à effleurer l'extrados des voûtes du tunnel.

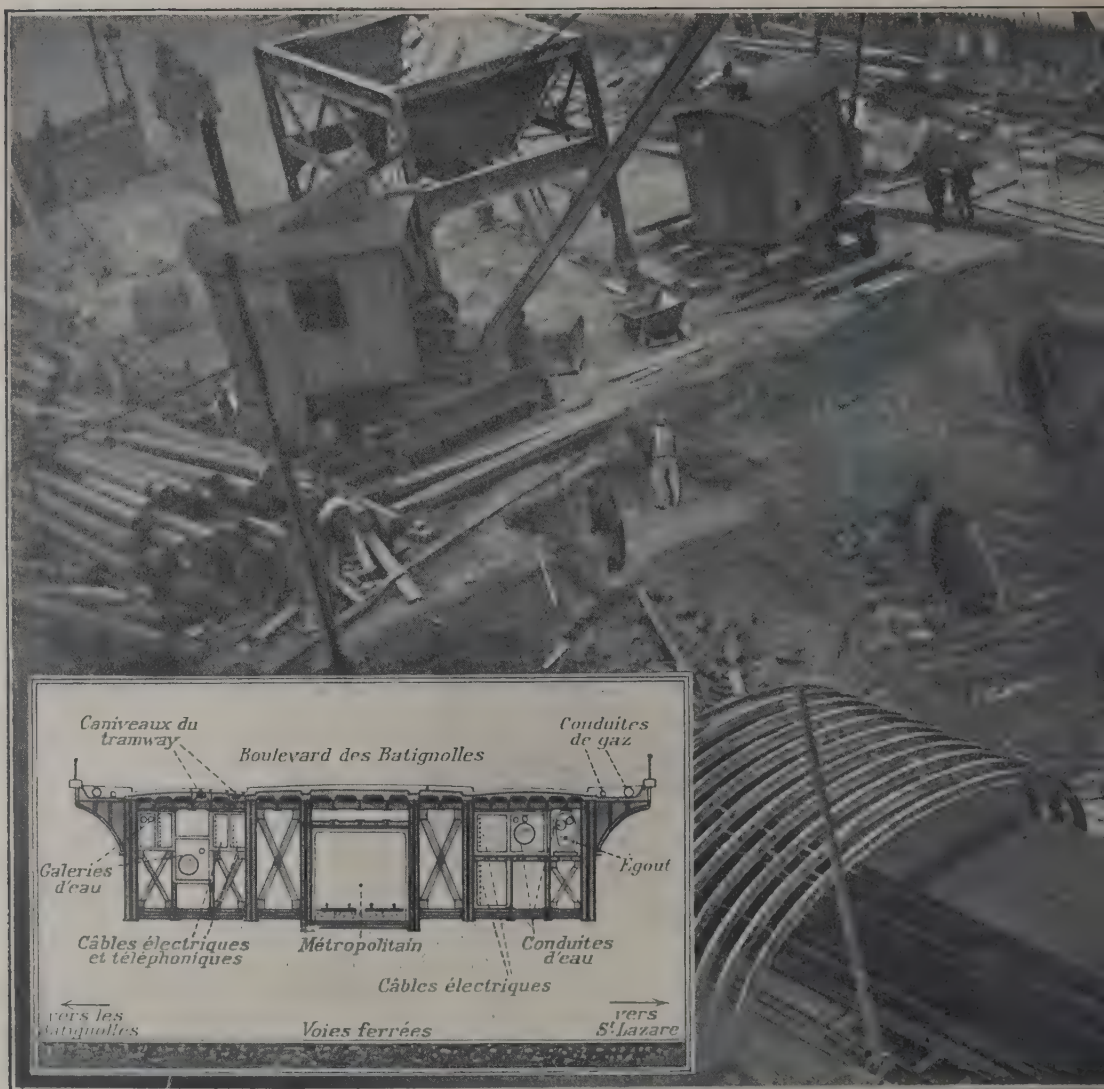
Mais avant d'entamer la démolition de la chemise maçonnerie, il fallait prévoir un dispositif empêchant les pierres et les matériaux de toutes sortes de tomber sur les trains dont le trafic ne s'arrêtait pas un seul instant, ni nuit, ni jour. On y parvint en doublant intérieurement le tunnel de poutres cintrées, en acier, supportant un bouclier de béton.

Ceci fait, on put commencer à travailler à l'aise (si l'on peut parler ainsi d'un travail exécuté au milieu de la poussière, des escarbilles, de la fumée qui n'avait pas le temps de se dissiper entre deux passages des convois, du bruit infernal des outils pneumatiques dominé par le tonnerre des express.



DÉMOLITION DES TUNNELS DES BATIGNOLLES.

Pelle à vapeur montée sur caterpillar (chenille) et drague à godets ou noria travaillant simultanément au fond d'une tranchée, le long du mur de soutènement de la rue Boursault.



DÉMOLITION DES TUNNELS DES BATIGNOLLES.

Il a paru intéressant de donner plusieurs documents photographiques reproduisant, à des stades divers d'avancement, l'aspect du chantier des Batignolles. Nous avons déjà examiné ce même chantier vu du niveau des voies du chemin de fer de l'Etat, du côté opposé à la gare Saint-Lazare.

Maintenant nous présentons les travaux vus d'en haut, à un état moins avancé. Plusieurs détails sont intéressants à constater sur notre gravure. On voit, à l'arrière-plan, deux grues à vapeur qui prennent les wagonnets de déblais au bout de leur crochet pour les vider dans une grande trémie que l'on voit entre les 2 grues, au niveau du sol de la rue.

Cette trémie sert au chargement automatique des camions qui viennent se ranger entre ses pieds au-dessous de l'ouverture obturée par le moyen d'une sorte de registre ou glissière coulissant à la partie inférieure de la caisse de la dite trémie. Lorsque le camion est plein, les glissières en se rapprochant ferment l'ouverture inférieure de l'appareil, et un autre véhicule vient le remplacer aussitôt. Pendant que les camions vont à la décharge pour vider leurs déblais, la trémie s'emplit de nouveau.



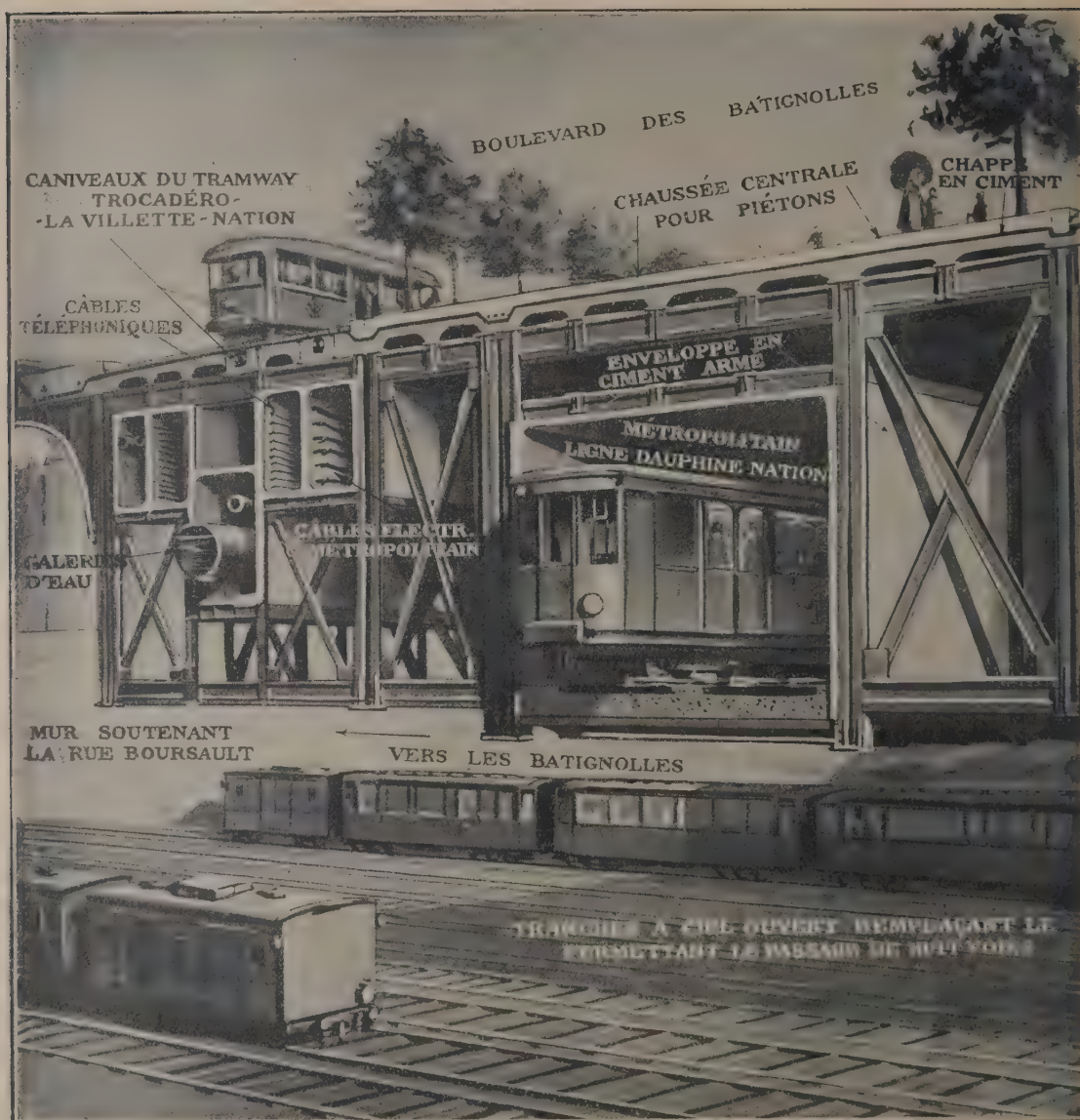
TRAVAILLIERS SUR L'EMPLACEMENT DE LA BUTTE ARASÉE

On peut considérer, au premier plan l'armature en fer qui protégeait les voies des souterrains des voûtes pendant la démolition.

En bas et à gauche est une coupe schématique transversale du pont boulevard des Batignolles.

La difficulté de sa construction ne réside pas dans la complication technique de sa structure; on a maintes fois construit des ouvrages en acier d'une difficulté bien plus grande, mais le délicat de cette édification est qu'elle doit être exécutée sans interrompre le trafic, ni sur la voie du Métropolitain, dans le pont lui-même, ni sur celles du chemin de fer qui passent au-dessous, dans une direction perpendiculaire, quelques mètres séparant à peine les deux voies ferrées et le trafic étant extrêmement intense, nuit et jour sur une, et presque permanente également chez l'autre, le métropolitain ne s'arrêtant en effet que quelques heures toutes les nuits.

Il faut également prévoir le détournement ou le raccordement de toutes les canalisations qui passent sous le boulevard des Batignolles, de façon à ne pas priver les usagers, des services de gaz, d'eau, d'électricité, etc., etc.

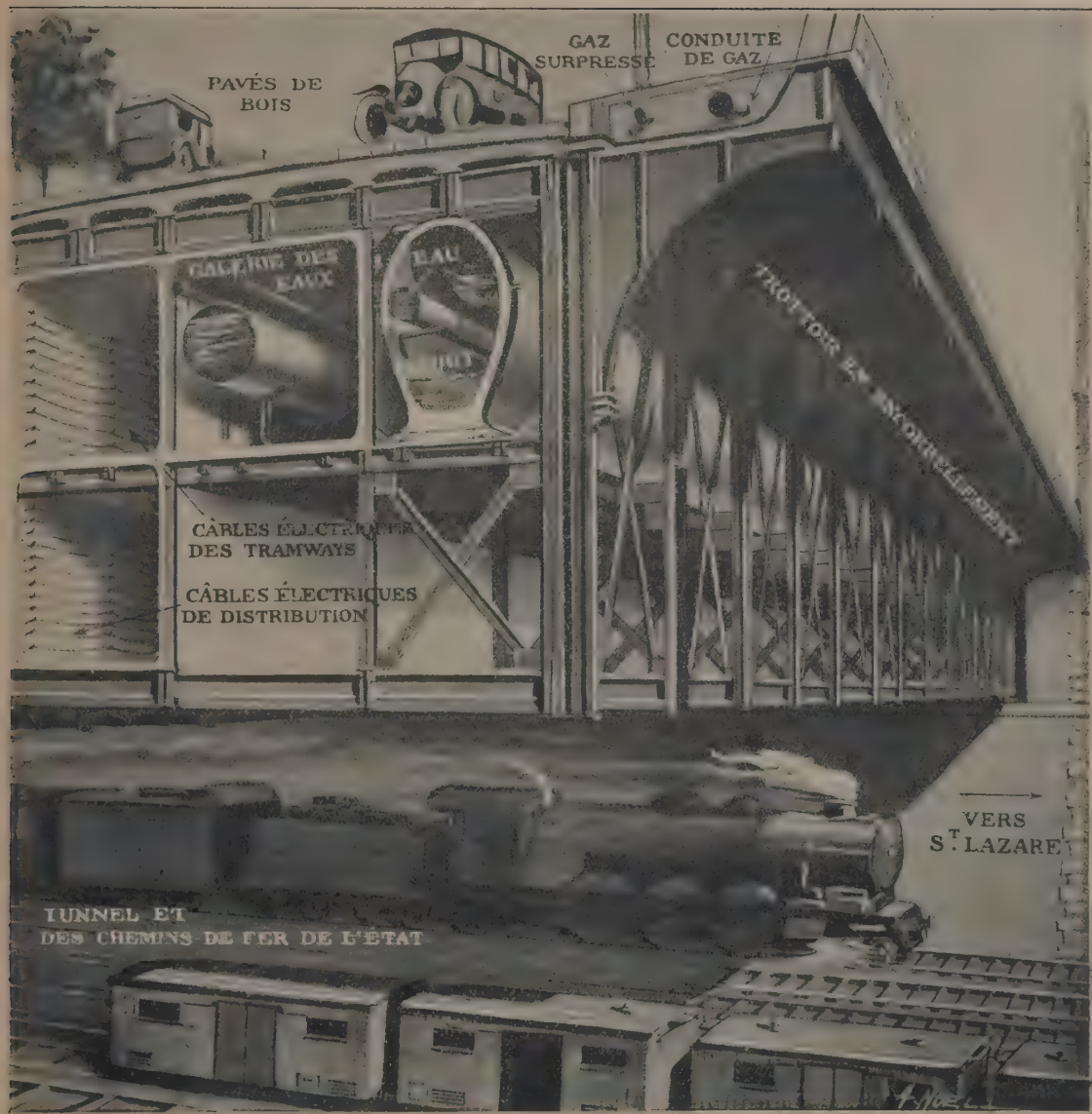


COUPE DU PONT DU

La démolition du tunnel des Batignolles y compris la masse de terre qu'il traversait et qui portait, outre des immeubles, des rues, des canalisations diverses, etc., une partie du boulevard des Batignolles a nécessité, pour le passage de celui-ci, la construction de l'important ouvrage dont nous donnons ci-dessus une coupe plus complète et plus détaillée que celle du médaillon de la figure précédente.

Le travail présentait de grosses difficultés, car le boulevard comprend non seulement les trottoirs et la chaussée avec les voies de tramway qu'elle porte, mais encore plusieurs étages de souterrains dont un véritable tunnel lui-même est destiné au passage des voies du chemin de fer métropolitain (ligne Dauphine Nation par les boulevards extérieurs).

Le pont ainsi construit consiste en une immense poutre métallique, appuyée d'un côté sur un des piliers



BOULEVARD DES BATIGNOLLES.

et la voûte du tunnel de la voie d'Auteuil-Saint-Lazare (qui a été conservée) formant culée et de l'autre sur le mur de soutènement de la rue Boursault.

Les voies et les canalisations déjà existantes le long du boulevard seront raccordées avec les conduites correspondantes ménagées dans le tablier du pont, bien qu'on n'ait pu profiter complètement de la place disponible, à cause de la disposition antique et peu logique de ces mêmes conduits, construits dans l'ancien boulevard au fur et à mesure des nécessités, sans plan d'ensemble scientifiquement étudié et exécuté.

On se rendra facilement compte de l'extrême difficulté de ce travail quand on saura qu'il est effectué sans interrompre un seul instant le trafic (pourant considérable) des voies ferrées, tant du chemin de fer de l'Etat que du Métropolitain ainsi que nous l'avons expliqué précédemment.

Mais tout cela n'est encore que le commencement de cette œuvre gigantesque; quand il s'agira d'entamer le terrain au-dessous du boulevard des Batignolles, il faudra entourer la voûte du métropolitain d'une carapace solide de façon à ce que la circulation ne soit pas interrompue et réalisant cette gageure de travailler entre deux voies de direction perpendiculaire superposées, toujours parcourues par des trains se succédant sans interruption et dont quelques mètres à peine séparent les rails respectifs.

Il faudra ensuite étayer, soutenir toutes les canalisations qui se trouvent au-dessous de la chaussée, c'est-à-dire les galeries des eaux usées (égouts), la galerie des eaux propres d'alimentation, celle des câbles électriques de toutes sortes, sans oublier ceux distribuant la force motrice aux réseaux de tramways; les caniveaux desdits tramways, les conduites de gaz ordinaires et de gaz comprimé, le téléphone pneumatique, etc. Le tout sera contenu dans un immense pont-poutre pre-

nant appui sur les deux culées de la rue de Rome et de la rue Boursault et tout cela devra être édifié sans interrompre la double circulation des trains du métropolitain et de ceux de l'Ouest-État qui se succèdent continuellement au-dessous de l'ouvrage et dans l'ouvrage lui-même.

Ce pont est prévu en forme de poutres entretoisées et croisillonnées en acier à haute résistance et il supportera une chaussée centrale établie elle-même sur une chape en ciment recouvrant le platelage supérieur du pont. Un revêtement de pavés de bois recouvrira le tout.

Deux autres ponts réservés au passage des voitures et des piétons réuniront la rue des Dames et la rue Boursault d'une part et, d'autre part, la rue de Rome et la rue de la Condamine.



LE TUNNEL DES BATIGNOLLES.

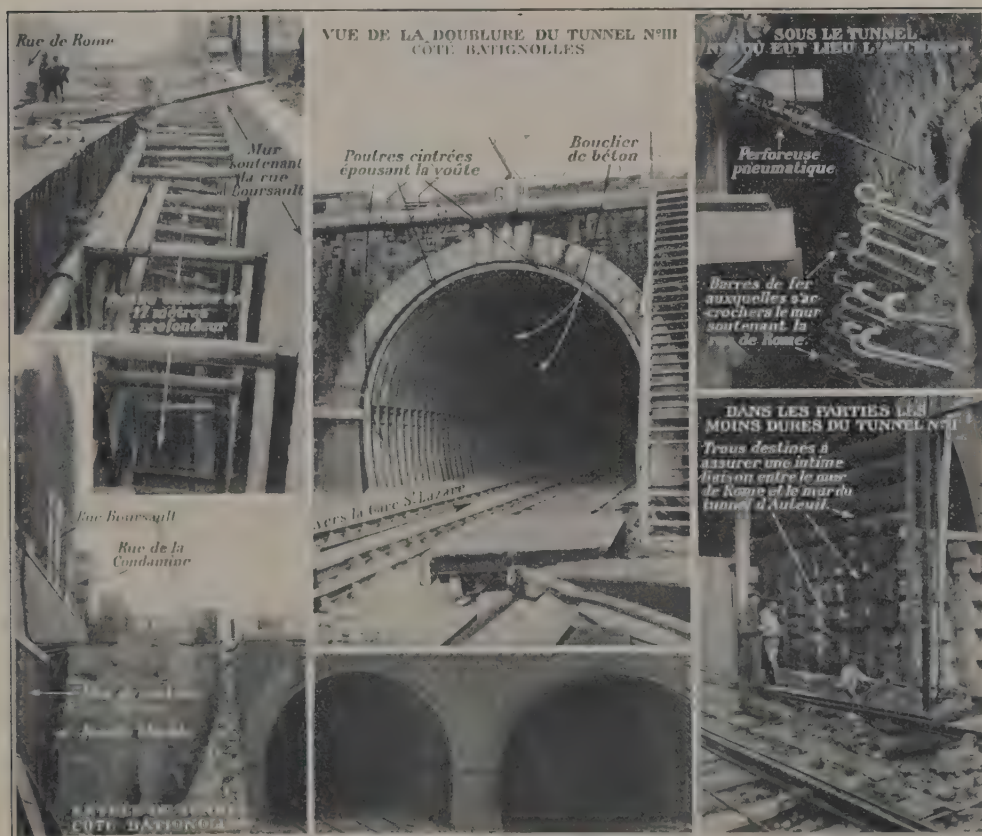
La pelle à vapeur mordant les flancs de la butte sous laquelle passaient les voûtes à démolir.

L'ensemble des travaux coûtera, on l'imagine, une somme rondelette qui dépassera certainement les prévisions de 10 millions pour la démolition des tunnels proprement dits et 5 millions pour l'établissement du pont du boulevard

des Batignolles. Mais cette somme n'a pas paru trop élevée pour détruire le bouchon qui embouteillait la gare de l'Ouest-État dont l'immense trafic s'accroît tous les jours (principalement en raison du peuplement intense de la banlieue-ouest de Paris).

Cet embouteillage qui déjà avait causé tant d'accidents aurait fini par être un obstacle considérable au développement normal de la gare Saint-Lazare et une occasion de dépenses, non seulement d'argent — ce qui est réparable — mais de vies humaines dont notre pays, saigné à blanc par la plus terrible des guerres, doit se montrer particulièrement avare.

Nos ancêtres, au temps des civilisations primitives, quand ils construisaient, n'obéissaient certes à aucune considération en vue de la démolition plus ou moins lointaine de leur ouvrage. Les Égyptiens bâtissaient pour l'éternité, en énormes blocs de granit, et pourtant les invasions des barbares, les trem-



DÉMOLITION DES TUNNELS DES BATIGNOLLES.

Quelques détails typiques des procédés de démolition des tunnels; à gauche, comment on renforce un mur de soutènement en coulant du béton dans une fouille. Au milieu l'on voit l'armature de barres de fer qui soutiennent le bouclier de ciment qui empêchent les matériaux de rouler sur les voies où le trafic n'est pas interrompu.

A droite, procédés de liaison entre les maçonneries anciennes et les nouvelles, par crans tenons et mortaises dans la pierre tendre et par crampons de fer dans les pierres dures; l'extrémité de ces crampons fait ressembler la paroi à la boutique d'un marchand de cannes.



UN AUTRE TRAVAIL SENSATIONNEL.

Tous les Parisiens ont connu, pendant une vingtaine d'années, la silhouette de la roue gigantesque, qui, depuis l'exposition de 1900 se profilait sur leur ciel, aux environs de la Tour Eiffel.

On sait que cet immense « voyage dans la lune de nos fêtes foraines », consistait en une grande roue métallique qui élevait à plus de 100 mètres des wagons recevant les voyageurs désireux de jouir du spectacle de Paris, vu de haut.

Cette entreprise vécut avec des fortunes diverses, pendant d'assez longues années, grâce un peu, au jardin d'attractions, de jeu, aux bals, concerts et représentations qu'on lui avait adjoints.

Mais un moment vint où la rouille ayant fait son œuvre et la Roue ne présentant plus la solidité voulue,



LA DÉMOLITION DE LA GRANDE ROUE DE PARIS.

il fallut songer à la démolir: ce ne fut pas une petite affaire; on commença par enlever les petits wagons, lesquels furent munis d'essieux et de roues et assurèrent aujourd'hui les communications urbaines dans quelque lointaine province, en tant que tramways.

Quant à l'armature proprement dite, on la débita en fragments divers, grâce au déboulonnage, au sciege et surtout au sectionnement par chalumeau oxy-acétylénique, sans construction d'un échafaudage qui aurait été fort onéreux.

Une équipe d'une douzaine d'hommes suffit à cette besogne acrobatique, et non sans danger, mais qui heureusement, se termina sans accident notable.

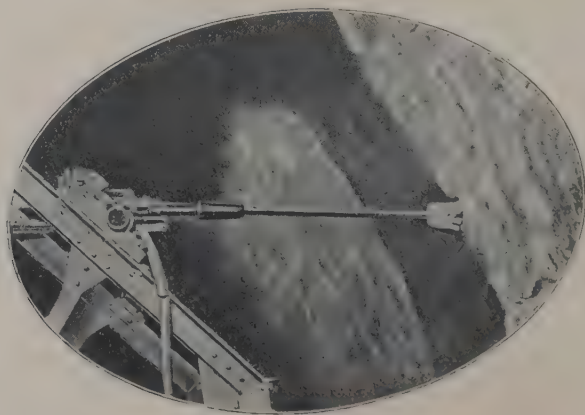
blements de terre, le soleil et les vents continus du désert, ont peu à peu bousculé et rongé leurs œuvres.

Les Romains, qui ont été d'incomparables maçons ont vu leurs constructions souffrir davantage du fait des hommes que des injures du temps, tandis que des immenses piliers, des temples et des jardins suspendus de Babylone, il ne reste absolument rien, par la faute du peu de résistance des matériaux employés (briques crues).

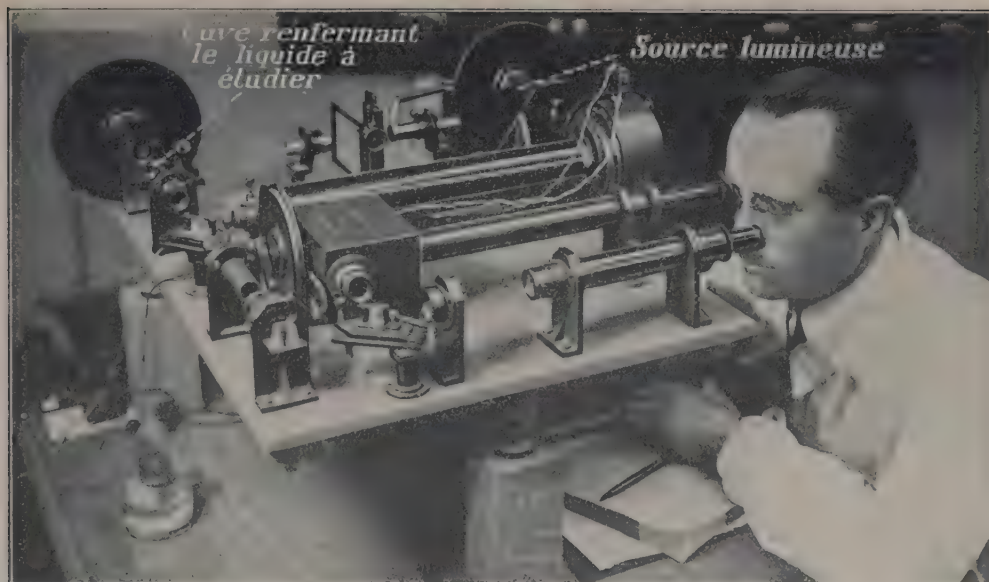
Le Moyen âge, ainsi que nous l'avons vu dans un autre chapitre, élevait ses cathédrales avec tant de soin, avec des matériaux si minutieusement triés, les maintenait en place à l'aide d'un chaînage si adroitement et si soigneusement établi, que sans les incendies, les invasions et les guerres civiles, la plupart des chefs-d'œuvre de cette époque seraient parvenus jusqu'à nous dans un parfait état de conservation.

Malheureusement il n'en est pas de même de nos jours, ainsi que nous le montrent les deux cas typiques que nous avons rapportés; dans les uns on doit modifier ou détruire une œuvre devenue insuffisante et dans l'autre cas, c'est l'altération rapide des matériaux (fer et acier) qui nécessite la destruction de l'ouvrage qui menace ruine.

Une autre cause de démolition naturelle et spontanée des édifices modernes, dans les grandes villes consiste dans ce que l'on peut appeler la maladie des pierres. Cette altération consiste en un effritement des pierres calcaires, sous l'action des composés sulfureux lâchés dans l'atmosphère dans les fumées par la combustion des charbons de terre contenant des pyrites ou sulfures de fer ou de cuivre, et qui grâce à l'humidité de l'air se transforment en acide sulfurique; pour les constructions métalliques en terrain humide, un agent destructeur très actif s'est récemment révélé, c'est l'électrolyse ou décomposition électrique causée par les courants électriques vagabonds, échappés de leurs conducteurs et qui vont à l'aventure causer leurs ravages dans le sol et les édifices.



PERFORATRICE A AIR COMPRIMÉ ATTAQUANT LA ROCHE DURE
DANS LE TUNNEL DES BATIGNOLLES POUR CREUSER LES TROUS
DE FIXATION DES BARRES D'ACIER DE LIAISON.



LE SPECTROSCOPE DU LABORATOIRE DU SERVICE DE « L'IDENTITÉ JUDICIAIRE »
AU PALAIS DE JUSTICE A PARIS.

La matière à analyser se trouve dans la petite cuve en cristal taillé, sur le trajet des rayons lumineux émis par une source locale.

LA MACHINE A ANALYSER LES ÉTOILES ET LES MONDES AU SERVICE DE LA POLICE

QUI pourrait croire que le spectroscope, ce puissant instrument d'investigation interstellaire, qui analyse la masse énorme des soleils et des mondes, est aussi l'instrument de choix, et même le seul instrument qui puisse déceler la présence des traces infimes de matière, telle que l'impondérable particule laissée par une balle de cuivre sur les bords du trou qu'elle a fait en passant au travers d'un rideau.

Comment fonctionne le spectroscope ou le spectrophotographe? et de quoi se compose-t-il? Tout le monde sait que, lorsque l'on dirige un mince faisceau de lumière sur un prisme de quartz ou de verre, celui-ci le décompose en ses éléments « c'est-à-dire, en des divers rayons de longueurs d'ondes différentes qui le composent; par exemple la lumière solaire blanche se divise en ses sept éléments colorés qui sont les rayons violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. C'est un spectre continu, les gaz donnent un spectre discontinu formé de raies brillantes et obscures.

Le spectrophotographe fonctionne de deux manières : 1^o en produisant le spectre d'absorption, quand on passe le rayon à décomposer au travers d'une cuve en cristal taillé et dans laquelle est mise la substance à examiner. On remarque alors dans le spectre produit, des zones obscures, absolument caractéristiques qui servent à identifier des traces infimes de la substance mise dans la cuve: 2^o en produisant le spectre caractéristique des substances volatilisées dans l'arc électrique. Pour cela, on place la matière à examiner dans la cavité

d'une électrode en charbon des cornues et l'on fait éclater l'étincelle électrique; il n'y a plus ensuite qu'à photographier le spectre obtenu par la décomposition de la lumière ainsi produite, pour déterminer par l'examen du cliché, la nature de la substance volatilisée dans l'arc électrique. C'est également par l'analyse des rayons émis par les divers corps simples qu'on a pu déterminer la composition des étoiles, et même leur âge relatif, en constatant la présence successive de ces corps. Plus les étoiles sont jeunes et chaudes, moins grand est le nombre des corps simples qu'on y trouve. Au fur et à mesure qu'elles vieillissent, les autres éléments apparaissent de plus en plus nombreux.

Ces deux méthodes d'investigation sont extrêmement précises et fidèles, elles permettent de déceler des traces absolument impondérables de matière, qui échappent à tout autre moyen d'analyse. Aussi, la police scientifique moderne s'est-elle emparée de ce précieux instrument de recherches.

Une balle de revolver a traversé un rideau, l'instruction a intérêt à savoir si cette balle est en plomb ou à chemise de cuivre; on découpe les bords de la déchirure du rideau, on les calcine dans un creuset, et, après mélange avec un ciment pour agglomérer les cendres, on en fait une petite boulette que l'on fixe sur une des électrodes d'un arc électrique, on fait jaillir l'étincelle, on décompose par un prisme de quartz le rayon obtenu, et l'on photographie le spectre, dans lequel il sera facile de reconnaître les raies spéciales du cuivre ou celles du plomb. Le juge d'instruction recevra, avec une grande précision et sans contestation possible, la réponse à sa question.

De même pour le spectrographe d'absorption; M. Bayle, chef de l'Identité judiciaire cite dans *Je sais tout*, cet exemple où une tache de peinture relevée sur les vêtements de l'accusé fut reconnue de la même peinture que celle qui avait été fraîchement passée chez la victime; on s'était contenté de dissoudre la tache dans un solvant incolore approprié et de faire de même avec un peu de la couleur prélevée chez la victime; les deux solutions, mises chacune dans la cuve en cristal dont nous avons parlé, furent examinées aux rayons d'une lampe donnant les sept couleurs de la lumière blanche et reconnues identiques par suite de la parfaite similitude de leurs zones d'absorption.

Ce dispositif de recherches n'est d'ailleurs pas le seul qui utilise les derniers progrès en physique et en chimie, et les découvertes les plus récentes. Parmi ceux-là, disons un mot de la lumière ultra-violette, qui est, comme on le sait, une vibration lumineuse, invisible à notre œil, de très courte longueur d'onde, qui vient à la suite du violet, dans le spectre de la lumière blanche et qui jouit des plus curieuses propriétés chimiques, physiques et biologiques. En police scientifique, on utilise la propriété spécifique (ou spéciale) qu'ils ont de rendre fluorescent, c'est-à-dire lumineux pour notre œil, certains produits, tels que la quinine, l'urine, des matières colorantes, etc.; ce qui permet, dans certains cas de reconnaître les falsifications des titres, mandats, obligations, etc., qui ont été lavées et surchargées.

Les laboratoires de police utilisent également les appareils de mesure électrique ultra-sensibles que l'on construit maintenant, pour établir l'identité d'une solution contenant des traces infinitésimales de sels, telles celles obtenues en faisant macérer dans l'eau distillée une rondelle prélevée sur un buvard ayant servi à étancher une tache de la substance à déterminer.



LE PT PERRIN AU LABORATOIRE DE CHIMIE PHYSIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. FAIT UNE EXPÉRIENCE EN COMPAGNIE DE SON ASSISTANTE.

L'ATOME. — LA POÉSIE DE LA MATIÈRE

DEPUIS plusieurs siècles, par la seule force de leur génie, les philosophes de l'Hellade avaient deviné la structure intime des choses. Thalès de Milet et Démocrite avaient édifié cette conception que toute la matière changeante est intimement composée d'atomes tous semblables, indestructibles et que le Hasard, le Destin ou la Divinité avaient groupés sous la forme des substances qui nous entourent.

Lucrèce, le génial poète latin, a repris et exposé cette doctrine en termes d'ailleurs assez vagues et tout le long de notre Moyen âge, pendant la longue obscurité des sciences, cette idée confuse guida les recherches des alchimistes avec leur rêve sans cesse inassouvi de la transmutation des métaux, de la pierre philosophale, et de l'élixir de vie.

Pendant de longs siècles, l'Humanité, retardée dans son essor intellectuel par le respect exagéré de l'antiquité, ligotée par la crainte de se trouver en



LE P^r PERRIN. DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS, EXÉCUTE DE CURIEUSES EXPÉRIENCES DE BULLES DE SAVON, QUI SONT, ON LE SAIT DES SORTES

contradiction avec les Écritures, toute occupée de creuses controverses scolastiques, ne fit faire aucun progrès à cette antique tradition gréco-latine.

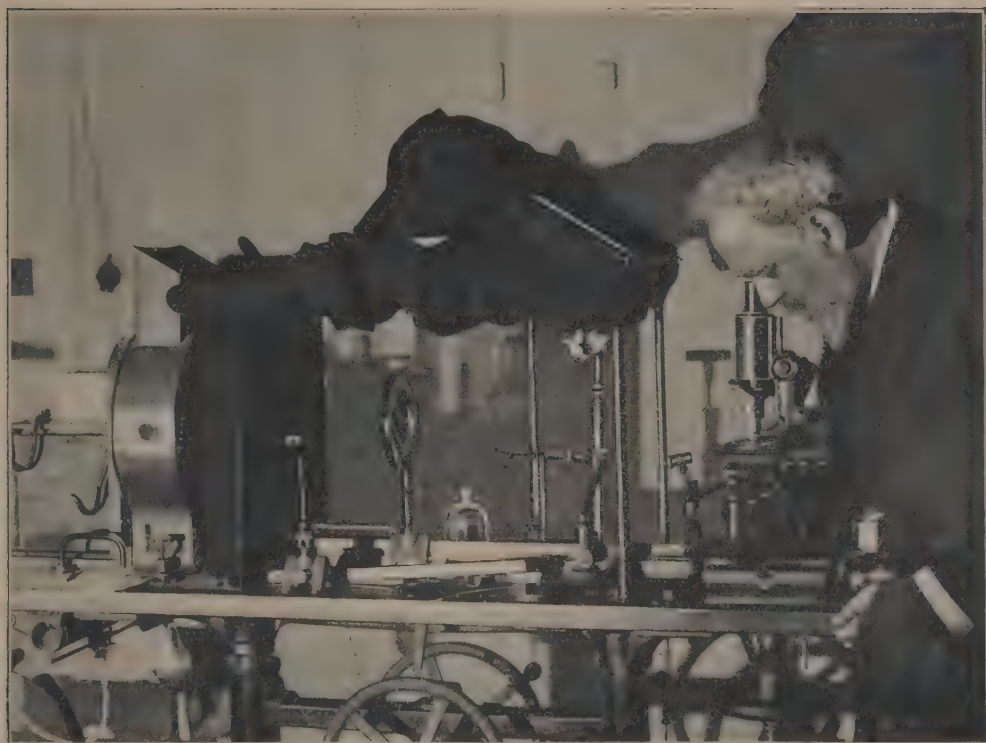
Quand vint l'ère vraiment moderne de la recherche scientifique, à la fin du XVIII^e siècle, les découvertes de la Chimie naissante, avec Lavoisier et ses successeurs, montrèrent que la matière est indestructible, qu'elle se retrouve toujours avec le même poids dans ses diverses combinaisons et que la nature est composée d'un certain nombre de corps dits simples, comme l'oxygène, l'hydrogène, le carbone, l'azote, etc., se combinant entre eux, mais irréductibles, et toujours identiques à eux-mêmes. La vieille conception de l'unité atomique se trouvait ainsi ruinée, et tout l'effort des savants se tournait vers la découverte de nouveaux corps simples¹, en réduisant les matières complexes en leurs éléments originaux.

C'est alors que naquit le dogme de l'indestructibilité de la matière, de sa diversité, et de la dualité de la matière et de l'Énergie.

Pendant plus d'un siècle, la Science a vécu sur ces données et elles étaient tellement ancrées dans l'esprit de nos savants que lorsque la découverte du radium, vint, brutalement, en montrer l'insuffisance, et même la fausseté, ce fut un beau désarroi.

Peu à peu, grâce aux Curie, aux Rutherford, aux Thomson, aux Bohr,

1. Alors que celui des modernes tend plutôt à réduire le nombre de ces éléments.



SUR LA COMPOSITION INTIME DE LA MATIÈRE, AIDÉ DE SON ASSISTANTE. IL SE SERT DANS CE BUT, DE MEMBRANES LIQUIDES EXTRAORDINAIREMENT MINCES.

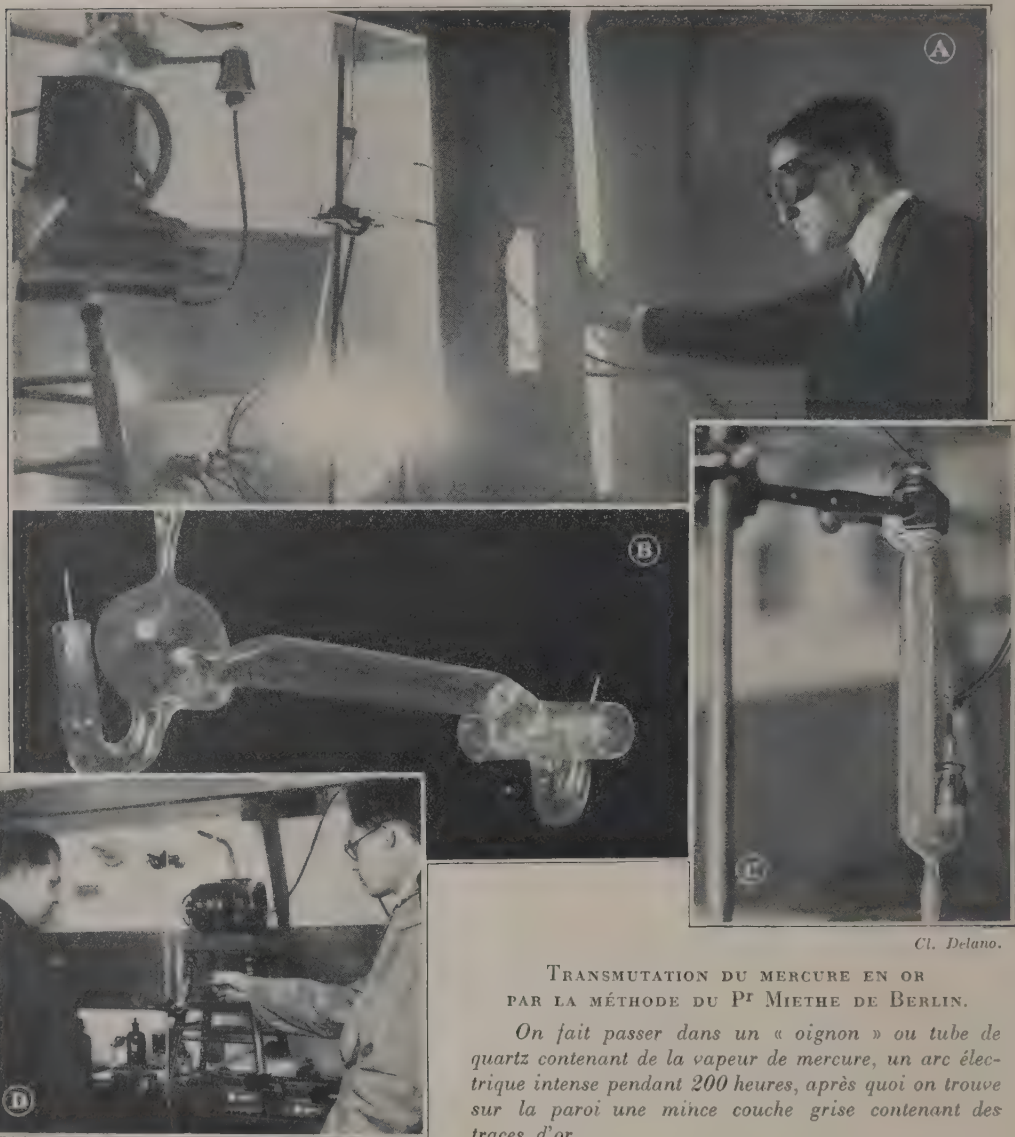
tout s'éclaira et la conception de l'atome unique, commun à toute matière, origine de toute chose était enfin créée, se retrouvant d'accord avec les vieux alchimistes sur ce point de l'universalité, mais seulement sur ce point, et il est bien exagéré de parler à ce sujet, comme on l'a fait de la « Science » de ces antiques empiriques.

Donc, maintenant, nous commençons à percer le mystère des choses; nous savons que l'atome est un, qu'il s'assemble en molécules, et qu'il est à l'origine de la diversité des choses.

Nous savons que l'atome, loin d'être un simple grain de matière subtile ainsi que le croyaient nos pères, est quelque chose de mobile, de presque inexistant au sens matériel du mot, tellement il y a peu de substance, et, pour employer une image compréhensible, est un vrai système planétaire en miniature composé d'un noyau, tel le soleil, autour duquel tournent, avec des vitesses formidables, les électrons en nombre variable et voici le monde merveilleux qui nous était fermé avant la découverte des phénomènes de la radio-activité.

Les molécules de l'air que nous respirons se meuvent avec la vitesse d'une balle de fusil, mais elles ne parcourent, entre deux chocs, en ligne droite, qu'un dix-millième de millimètre.

Elles sont, dans leur course, déviées 5 milliards de fois par seconde; leur poids est presque impondérable; il en faudrait 3 millions pour faire un millimètre cube et 20 milliards, pour faire un milliardième de milligramme.



Cl. Delano.

TRANSMUTATION DU MERCURE EN OR
PAR LA MÉTHODE DU P^r MIETHE DE BERLIN.

On fait passer dans un « oignon » ou tube de quartz contenant de la vapeur de mercure, un arc électrique intense pendant 200 heures, après quoi on trouve sur la paroi une mince couche grise contenant des traces d'or.

Un exemple nous fera comprendre l'ordre de grandeur des chiffres qui interviennent ici.

Il arrive que l'extrême habileté des batteurs d'or obtient — à l'aide d'artifices que nous expliquerons peut-être plus tard — des feuilles dont l'épaisseur n'est que d'un dixième de millièmme de millimètre.

Cette épaisseur minime (tellement minime que, même pour un corps opaque comme ce métal lourd qu'on appelle l'or, elle laisse passer un rayon de lumière verte), semble ne comprendre qu'un seul plan de ces molécules ténus dont nous avons parlé.

Il n'en est rien. Supposons un instant suivant une comparaison due au D^r Perrin que nous puissions diminuer notre taille, non seulement au point de

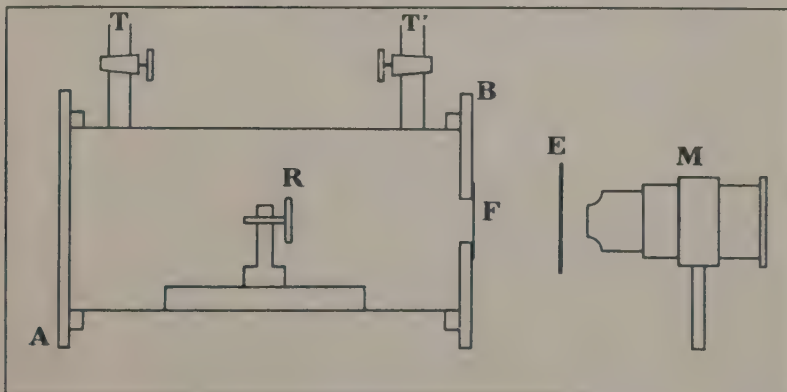
disparaître aux yeux de nos semblables mais encore au point qu'il faudrait nous faire la courte échelle, au nombre d'une dizaine pour atteindre la hauteur d'un millièmè de milli-mètre.

A cette taille, tout disparaîtrait à nos yeux, le laboratoire, le microscope sur le platine duquel est montée la plaque d'or que nous avons vue, tout cela serait hors de notre vue, mais la plaque d'or elle-même sous nos yeux se présenterait comme une mer agitée d'une furieuse tempête autour de noyaux animés eux-mêmes de mouvements, et dans l'intimité duquel nous ne pourrions entrer à cause de sa petitesse. Nous verrions des électrons lancés autour avec une vitesse formidable.

Si nous pouvions échapper à la destruction dans ce véritable champ de tir de particules lancées dans toutes les directions et que nous puissions traverser la couche des molécules d'or, sans dommage, nous verrions que les noyaux — sortes de cellules autour desquelles tournent les électrons, comme des planètes minuscules — n'occupent qu'un infime volume; leur diamètre propre est plusieurs milliers de fois plus petit que le diamètre de l'atome. Il est dans les mêmes proportions que le diamètre du Soleil et celui du monde



RUTHERFORD LE BRISEUR D'ATOMES.



RUTHERFORD, LE BRISEUR D'ATOMES A CONSTRUIT CET APPAREIL POUR DÉMONTRER LA DÉSINTÉGRATION DE LA MATIÈRE SOUS L'ACTION DU BOMBARDEMENT DES RAYONS DU RADIUM.

planétaire qui nous entoure comprenant la terre, les planètes et leurs satellites.

En somme, l'atome est composé de « plus de vide que de plein » et c'est là une idée dont il est difficile de se représenter grossièrement la réalité.

Quand nous voyons un corps solide : du bois, du fer, ou liquide : de l'eau, il est difficile de concevoir que cette matière pondérable, qui repousse le contact ou qui est ductile, ou encore malléable, qui a une densité invariable, puisse se composer d'une série de grains infinitésimaux tournant avec une rapidité formidable ! il est cependant une expérience qui peut nous donner une image de cette réalité.

Nous savons que les corps dits radio-actifs sont soumis à une dématérialisation spontanée et constante, c'est-à-dire que leurs atomes se déchargent continuellement projetant dans l'espace des particules (leurs électrons qui échappent de leur orbite). Nous pouvons rendre ce phénomène apparent en mettant un fragment de radium en présence d'un écran au sulfure de zinc, le tout dans le champ d'une forte loupe.

Nous voyons la surface de l'écran s'irradier d'une multitude d'étincelles ; chacune de ces étincelles est le point de chute d'une des particules électroniques, émise par le radium et dont l'arrivée sur l'écran provoque un point lumineux de même qu'un obus tombant sur une ville provoque un incendie ou une explosion au point d'impact (on appelle ainsi le point où un projectile arrive au contact du but).

Une des premières conséquences de ces théories nouvelles est la possibilité de réaliser cet antique rêve des alchimistes dont nous avons parlé et de transmuter une matière en une autre, puisque tous les éléments en sont semblables et que l'arrangement seul diffère : rien en effet ne s'oppose, théoriquement du moins, à la possibilité de cette opération.

Et en effet, nous savons expérimentalement par les recherches de Rutherford et de Steinmetz que l'on peut changer par exemple un fil de tungstène en un gaz inerte en le soumettant à l'action d'un courant électrique formidable.

Le terme dernier de cette évolution est un des corps des plus indifférents, des plus inertes, des plus incapables de s'associer à d'autres corps que la nature ait jamais présentés et qu'on appelle l'hélium.

(Nous reviendrons d'ailleurs sur ce corps dont on trouve des traces dans l'atmosphère, qui a été découvert par le spectroscope dans la sphère solaire et que l'on commence à préparer en assez grande quantité en l'extrayant des sources de gaz naturel, principalement situées dans l'Alberta, en Amérique du Nord.)

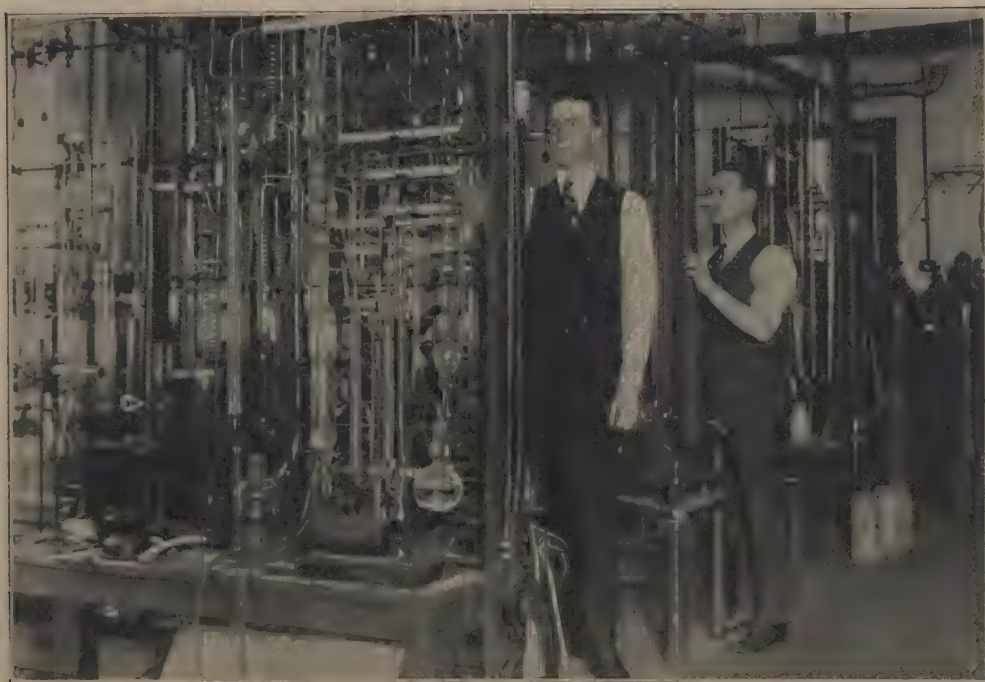
Mais des forces énormes sont nécessaires pour dissocier l'atome.

À dire vrai, à part cette transmutation du tungstène, on n'est jamais parvenu à dissocier volontairement un atome ; nous disons volontairement en effet, car le radium présente de ces dissociations spontanées et dont le dernier terme est encore l'hélium ; heureusement d'ailleurs, car d'après ce que nous savons des forces intra-atomiques, celui qui aurait réussi à libérer ces énergies n'aurait pas résisté, ni lui, ni son entourage, ni sa ville, peut-être, à la subite libération d'une pareille quantité d'énergie, plus forte, des millions de fois que la plus forte explosion de dynamite que nous puissions produire.

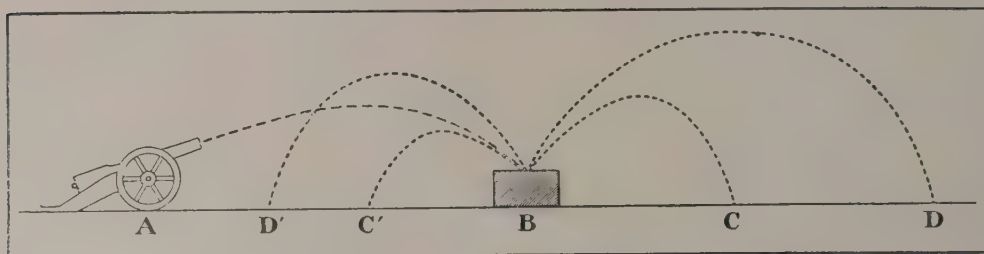
Il est donc certain que l'atome de toute substance est composé, et non



LE P^r MOIRÉ, DU COLLÈGE DE FRANCE, AVEC SES COLLABORATEURS.



APPAREIL DANS LE LABORATOIRE DU P^r MOIRÉ
POUR LA SÉPARATION ET LA RECTIFICATION DE L'HÉLIUM.



L'APPAREIL DE RUTHERFORD EST COMME UN CANON QUI LANCERAIT UN PROJECTILE, QUI OCCASIONNERAIT EN B, L'EXPLOSION D'UN DÉPÔT DE PROJECTILES.

plus un, comme le croyaient les anciens, qu'il est de plus composé toujours des mêmes éléments; un noyau central, très complexe lui-même, avec ses protons et ses électrons chargé d'électricité positive, autour duquel tournent, avec des vitesses fantastiques, des électrons en nombre variable, chargés négativement. Toutes les différences entre les corps variés proviendraient du nombre et de l'arrangement de ces électrons.

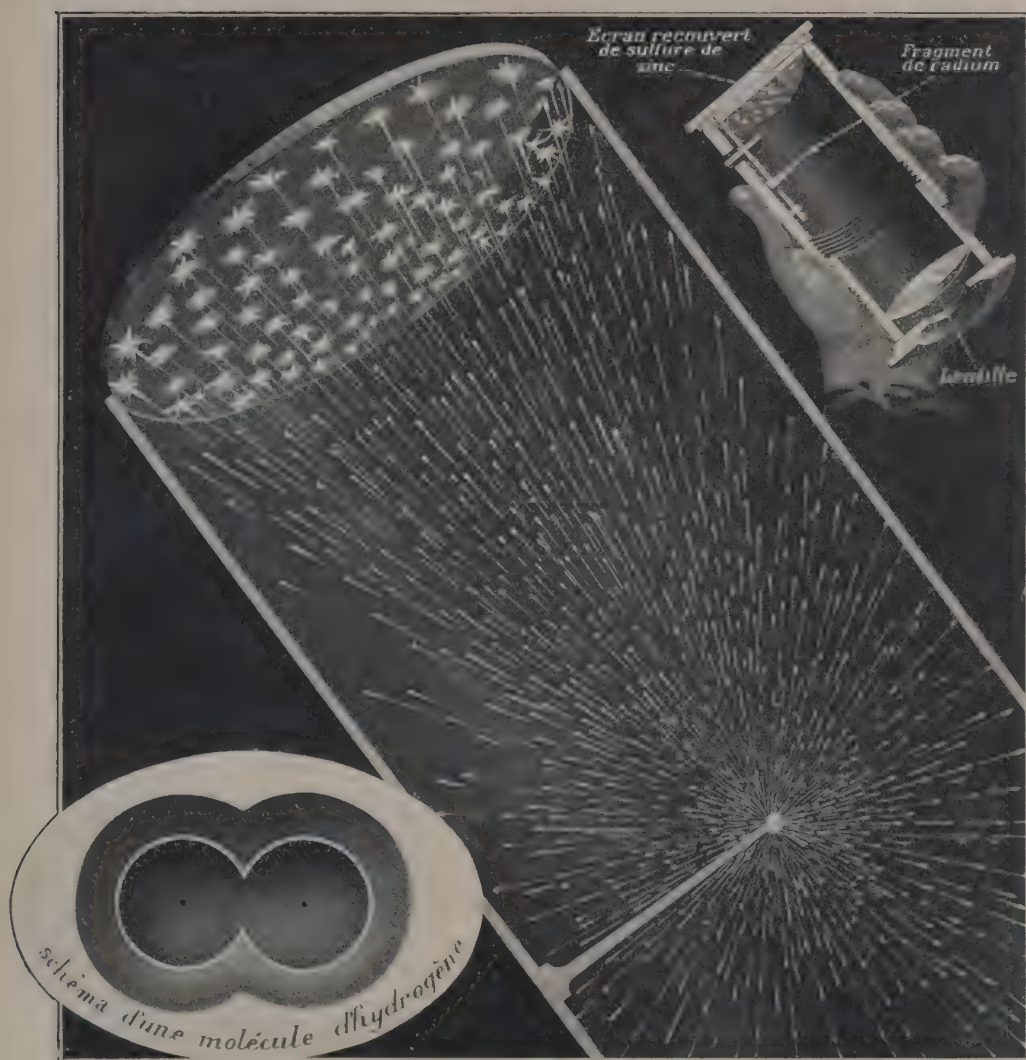


PHOTOGRAPHIES DES POINTS SCINTILLANTS PRODUITS PAR LE BOMBARDEMENT D'UN ÉCRAN AU SULFURE DE ZINC PAR LES ÉLECTRONS ÉCHAPPÉS DU RADIUM PENDANT LA DÉCOMPOSITION.

Le corps le plus simple serait l'hydrogène avec un seul électron tournant autour du noyau, puis l'hélium avec deux électrons et ainsi de suite jusqu'aux éléments les plus complexes, tels le Radium et sa famille où il existerait une foule de satellites (de 222) Radium à 238 (uranium). Quand les satellites sont en pareil nombre, ils tournent chacun dans son orbite (toujours comme les planètes autour du soleil) et ces orbites sont comprises les uns dans les autres, en couches concentriques, comme des écailles d'oignons (Bohr) à la vitesse d'un milliard de tours dans un millionième de seconde.

Que ces électrons soient tous semblables, on en a la preuve matérielle dans le cas des corps radioactifs tels que le Radium qui émet des électrons, qui en dernière analyse font des atomes d'hélium, lequel Radium, ayant perdu un certain nombre de ces éléments, se transforme en plomb, inactif, n'ayant plus que 206 à 214 électrons par atome, au lieu des 222 du radium originaire.

Il y aurait beaucoup à dire sur ce sujet, sur la classification périodique des éléments ou table de Mendéléjeff, et les isotopes, mais le sujet est vraiment un peu neuf et ardu.



TUBE SCINTILLANT.

Ce tube, en carton ou en métal contient dans sa partie moyenne un pedoncule que reçoit à son sommet un fragment de radium. Quand on regarde par la loupe qui se trouve à l'extrémité du tube, on voit l'écran briller de mille petites étoiles qui sont, chacune, le point d'arrivée d'une particule émise par le radium.

Et cependant, avant quelques années, ces matières abstraites figureront sur tous les programmes et deviendront familières à tous, de même que les lois d'Ampère ou celles de Berthollet, qui à leur apparition furent comprises seulement de quelques érudits initiés, et qui maintenant sont apprises dans les écoles primaires.

Quoi qu'il en soit, une objection vient tout de suite à l'esprit; si les atomes sont tous composés des mêmes éléments et que le nombre seul et les arrangements d'une partie d'entre eux (les électrons) diffèrent, il n'y a alors qu'un corps simple, ou plutôt il n'y a aucun corps simple, l'atome lui-même étant un composé

de divers éléments. Si deux électrons tournent autour d'un noyau, nous avons de l'hélium et s'il y en a 16, nous sommes en présence de l'oxygène — de même qu'un atome de charbon et deux atomes d'oxygène donnent de l'acide carbonique. L'objection ne manque pas de valeur, cependant on peut dire que les éléments de l'atome sont liés d'une manière presque indissoluble (sauf ceux des corps radio-actifs) et possèdent une individualité tellement tranchée, tellement particulière qu'il est impossible d'intervenir dans leur intimité et qu'il passent, indestructibles et presque éternels, à travers toutes les combinaisons et toutes les aventures.

L'édifice chimique, lui, est bien plus complexe, mais bien plus fragile, c'est une maison qu'un accident banal peut détruire, tandis que les pierres qui la constituent sont presque indestructibles; il faut un million de fois plus d'énergie pour modifier l'atome que pour détruire l'édifice clinique.

C'est dire que la décomposition chimique la plus violente (explosion de dynamite, de trinitrotoluol ou autre, libère un million de fois moins d'énergie que la dématérialisation d'un corps inerte quelconque, bois, pierre, métal, etc., si l'on parvenait à la produire dans un temps aussi bref. Et c'est pourquoi nous disions plus haut que le savant qui, le premier, arriverait à dissocier complètement la matière, ne résisterait pas, ni lui, ni son laboratoire, ni sa ville peut-être, à la libération subite d'une telle quantité d'énergie.

Mais, au contraire, s'il parvient à maîtriser cet ouragan, à endiguer ce cyclone, à provoquer à volonté l'écoulement de ce flux inépuisable d'énergie, quelle formidable et bienfaisante révolution ce sera pour l'Humanité! N'ayant plus besoin de se procurer, à grands frais, et à grand labeur, la force qu'il emploie, tous les jours en quantité plus formidable, à la satisfaction de ses besoins, ce sera pour l'homme l'âge d'or, la fin de cet antique esclavage, qui dans la suite des millénaires, et depuis les origines, a ployé ses os sous la dure empreinte de la nécessité quotidienne! Mais, hélas nous n'en sommes pas là: les seuls éléments radio-actifs dont nous disposons, les corps de la famille du Radium sont tellement rares et d'un prix si élevé, que c'est à peine, si on peut en fournir aux savants qui étudient ce formidable problème de la radio-activité, en quantité suffisante pour leurs recherches et leurs expériences.

Et c'est pourtant lui, cet omnipotent, paradoxal et extraordinaire Radium qui nous a révélé tout ce que nous savons de la constitution intime de la matière, de la structure de l'atome; et c'est là une des marques de l'interpénétration des sciences les unes dans les autres, qui est la caractéristique des recherches modernes. Autrefois la conception atomique était purement chimique, et les physiciens ne l'acceptaient que comme une hypothèse simplement utile; aujourd'hui c'est la Physique qui nous a apporté les lumières les plus précises sur la constitution intime de l'atome et a permis la création de cette science nouvelle que l'on appelle la Chimie physique.

Il nous est difficile d'entrer dans le détail des travaux des physiciens qui ont créé l'atomistique moderne. C'est là un sujet vraiment spécial et bien aride pour un livre dans le genre de celui-ci, mais cependant disons un mot de la méthode de Rutherford, le briseur d'atomes. Ses travaux sont basés sur le bombardement des corps par les rayons α du radium, et en mesurant la déviation

de ceux-ci dans leur trajet. Il a aussi, avec la collaboration de Chadwick, expulsé certains électrons ou protous des atomes des corps en expérience et transmués ceux-ci en d'autres corps simples; c'est ce qui a fait dire que les électrons tournent autour du noyau sur des orbites concentriques et que ce sont ceux de la couche la plus externe qui conditionnent les propriétés chimiques optiques et magnétiques de l'atome.

Et nous comprenons ainsi pourquoi les édifices chimiques complexes sont relativement faciles à détruire — c'est que les atomes ne sont liés que par la couche la plus externe de leurs électrons et que toute la partie centrale, noyaux et électrons proches restent inaltérés; l'on comprend de même que l'atome d'hélium ayant une seule couche d'électrons (au nombre de 2) soit absolument indestructible et n'offre aucune sorte d'affinité pour aucun autre corps connu. C'est vraiment le rare et l'unique exemple d'un corps irréductible, qui n'a aucune possibilité d'entrer en rapport avec aucun de ses semblables, pas même avec les gens de sa famille (argon) qui semblent pourtant si voisins!

Singulière histoire que celle de cet hélium, dont le nom revient chaque fois que l'on parle de la constitution intime de la matière; découvert dans le Soleil (d'où son nom) à l'aide du spectroscope, retiré en quantités infimes de certains minéraux terrestres, puis, tout récemment liquéfié par Kammerling-Onnes, dans son fameux laboratoire de Leyde, à la température extraordinairement basse de -270° au-dessous de zéro (3° seulement au-dessus du 0 absolu); c'est encore lui que l'on retrouve comme résidu ultime de la décomposition de la matière!

Et maintenant que nous avons quelques notions sur la composition intime de la matière, élevons un peu notre esprit jusqu'à la conception d'idées générales.

Nous savons que l'atome est construit sur le modèle de notre système planétaire; dès lors on peut concevoir que notre monde solaire n'est lui-même qu'un atome, dans l'immensité des mondes! Et c'est là une première représentation de l'Infini dans l'espace, deuxième notion de l'incommensurable; le *Pr* Soddy, dont le nom, avec celui des Curie et des Rutherford, revient chaque fois que l'on parle de radio-activité, nous cite l'exemple d'un flacon contenant une livre d'uranium, valant 25 francs et dont la transformation en radium et en ses décomposés radio-actifs libérerait une quantité d'énergie égale à 160 000 kilos d'excellent charbon de Cardiff; le radium lui-même libère sans aucune intervention une énergie égale à celle que développerait 360 000 fois son poids de charbon en se combinant avec l'oxygène, autrement dit en brûlant. Cela nous donne une idée de l'infiniment grand dans l'infiniment petit.

Jusqu'aux destinées de notre monde que ces notions nouvelles nous ont permis d'entrevoir; autrefois on croyait que notre système solaire finirait dans le froid des espaces sidéraux (-273°) quand toute son énergie aurait rayonné dans l'Infini; maintenant nous savons que la radio-activité s'accumule à la partie interne des astres, que ceux-ci, un jour, feront explosion, se retrouveront à l'état de globes gazeux incandescents; à ce moment, ils refroidiront rapidement par rayonnement, se recondenseront, et la vie recommencera; puis le même cycle pourra se reproduire éternellement. Le Ciel nous présente constamment le spectacle de cette évolution!



LES ONDULATIONS PRODUITES PAR LE VENT SUR UNE SURFACE MEUBLE.

La photographie représente la rencontre, en pleines dunes sablonneuses du Sahara des automobiles à chenille de la Mission Haart-Dubreuil et des goudiers méharistes, qui seuls, autrefois, pouvaient, grâce à leurs montures hanter ces solitudes de souffrance et de mort, domaine inviolé du Soleil, du sable et du vent.

LE VENT ET SON UTILISATION RÉCENTE ET FUTURE

ON peut dire que c'est grâce au vent que les hommes ont eu la première révélation de l'existence de l'air atmosphérique.

En effet, tant que celui-ci est immobile, il échappe à la perception de nos sens, mais, lorsqu'il est agité, la simple observation fait constater non seulement la présence d'un fluide mais encore la force de son déchaînement.

Les anciens avaient divinisé cette force, de même que toutes les autres forces naturelles, et ils avaient créé toute une série de dieux du vent sous la domination du premier d'entre eux : Éole, dont le nom est encore employé adjectivement pour qualifier tous les effets dont on est redevable au vent. On dit par exemple : l'érosion éolienne pour désigner l'usure que les grains de sable charriés par l'air, exercent sur les roches les plus dures. On dit également un moteur éolien pour désigner les machines qui captent la force du vent à l'exemple des vieux moulins à vent.

La harpe éolienne est composée d'une série de cordes sonores que le vent fait vibrer à l'exemple des fils télégraphiques qui, comme on le sait, chantent dans la brise.

L'idée que les anciens Grecs se faisaient du vent était un peu primitive et

enfantine: on se rappelle l'histoire que le bon Homère raconte dans l'*Odyssée*; le prudent Ulysse obtient d'Éole les vents favorables qui devaient le conduire à bon port. Ceux-ci étaient enfermés dans des outres et l'imprudent équipage, pour aller plus vite, lâcha tous les vents en même temps; il en résulta une effroyable tempête et Ulysse rejeté hors de sa route dut errer encore de nombreuses années.

ORIGINE DU VENT

Qu'est-ce que le vent?

C'est un courant d'air plus ou moins violent, toujours créé par une différence de pression, liée elle-même le plus souvent à une différence de température.

Il est facile en effet de comprendre le mécanisme d'une pareille action.

Supposons un coteau rocheux largement exposé au soleil; grâce à la réverbération, l'air s'y chauffe très rapidement et, devenant plus léger, a tendance à gagner les hautes couches de l'atmosphère.

Il est aussitôt remplacé par l'air plus frais qui est au-dessus des plaines herbeuses et humides, et ce courant d'air constitue le vent: dans l'espèce, un vent local, par opposition aux grands vents océaniques ou continentaux, réguliers dans le temps et dans l'espace, ce qui veut dire qu'ils suivent le même trajet, aux mêmes époques de l'année.

D'ailleurs, à la température variable s'ajoutent d'autres causes peu déterminées, mais que la météorologie moderne s'efforce de reconnaître et de classer progressivement.

Parmi celles-ci, on doit placer, par exemple les variations de pressions causées par l'état hygrométrique variable de l'atmosphère (on sait que l'on désigne par ces mots la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air; il est extrêmement changeant; tout le monde sait qu'il y a une infinité de gradations entre l'air sec et le brouillard, qui n'est autre chose qu'un air saturé de vapeurs d'eau au point que celles-ci subissent spontanément un commencement de condensation.

L'état électrique de l'air, éminemment variable est, lui aussi, par suite des attractions et des répulsions qu'il occasionne, une cause de vents et de tempêtes: on sait d'ailleurs que toutes les manifestations des mouvements subits de l'air tels que les orages, s'accompagnent toujours d'un formidable dégagement d'électricité.

Une autre cause à noter des grands déplacements d'air est la présence au sein des océans d'immenses courants d'eau froide ou chaude comme le Gulf-stream d'une part et le grand courant du Labrador de l'autre.

On croit généralement que ce sont les vents qui conditionnent les courants marins et non point ceux-ci qui leur donnent naissance; mais les deux phénomènes sont intimement liés et il est bien difficile de déterminer lequel est cause et lequel est effet.

L'océan atmosphérique qui nous entoure est en perpétuel mouvement; jusqu'à ces temps derniers la science humaine n'en savait pas déterminer les

causes et était même incapable d'observer scientifiquement les mouvements qui, continuellement, se produisent dans son sein.

A la fin du dernier siècle, et de nos jours, surtout, depuis que le développement de la navigation aérienne en a fait une nécessité de tous les jours, l'aérologie ou science des mouvements de l'air et, par conséquent, des nuages a fait de très grands progrès. Ses moyens d'investigation sont assez variés; disons tout de suite que, en dehors des observations effectuées à la surface du sol, grâce aux barographes, anémomètres, trompes de Venturi, etc., etc., ou bien en avion ou en ballon sphérique, on dispose pour cette étude d'appareils, dénommés ballons-sondes qui sont des aérostats en miniature formés d'une mince pellicule de caoutchouc qui peut se dilater et se contracter et par conséquent éviter l'explosion dans les hautes régions atmosphériques où la pression de l'air diminue considérablement.

Cet aérostat porte dans sa réduction de nacelle des appareils enregistreurs ainsi que des éprouvettes spéciales qui prélèvent à des altitudes diverses des échantillons d'air.

Ces ballons sont lâchés librement au gré des courants et grâce à une valve qui laisse échapper très lentement le gaz hydrogène qui les remplit, ils finissent par retomber sur la terre, quelquefois extrêmement loin de leur point de départ, après avoir atteint plusieurs kilomètres de hauteur.

Il est certain qu'on ne les retrouve pas tous, mais on en lâche un assez grand nombre et grâce aux expériences acquises, on sait d'avance à peu près dans quelles régions ils doivent descendre. Ces ballons-sondes ont rendu les plus précieux services pour l'étude des courants aériens permanents.

Ceux-ci sont désignés sous le nom de courants périodiques ou vents périodiques parce qu'ils se reproduisent suivant un cycle toujours semblable à lui-même.

Un exemple bien connu de ces courants périodiques est la brise que tous les habitants du bord de la mer connaissent; voici quel est le mécanisme de son fonctionnement :

Lorsque le soleil, par un beau jour d'été, se lève, il chauffe d'abord les terres plus vite que la surface des eaux; il en résulte un échauffement plus rapide des couches d'air en contact avec le sol; et qui détermine leur ascension. — En revanche, celles qui sont en contact avec les flots, plus froides, se précipitent pour prendre leur place; c'est la brise du matin qui souffle toujours du large vers le Continent.

Peu à peu les eaux à leur tour s'échauffent en surface et d'autant plus que les rayons du soleil sont plus perpendiculaires et quand celui-ci se couche, l'équilibre thermique est rompu en faveur de l'océan.

L'air qui est au-dessus des eaux, plus chaud, s'élève à son tour et gagne les hautes régions atmosphériques, remplacé aussitôt par un air plus frais venant des terres; c'est ce que l'on appelle la brise de terre, qui souffle tous les jours, au coucher du soleil, sur le littoral de toutes les mers et océans.

Ce même phénomène que nous voyons se produire quotidiennement et en petit sur nos côtes, par les beaux jours calmes de l'été, se manifeste en grand par saisons dans les régions déterminées de la terre, donnant naissance aux moussons.

Dans la vaste étendue de mer qui se trouve au sud du continent asiatique,

entre l'Afrique d'une part et la Polynésie de l'autre, il se trouve une immense étendue d'eau qui s'échauffe progressivement. Pendant ce temps, l'air sec et chaud, au-dessus des plateaux et des déserts de l'Asie, s'élève et est remplacé par un afflux constant provenant de l'océan Indien; c'est ce que l'on appelle la mousson d'été.

En hiver, le phénomène inverse se produit; la mer ayant accumulé une immense quantité de chaleur, continuant d'ailleurs sous les tropiques d'être échauffée par le rayonnement actif du soleil, attiédit les couches d'air qui sont en contact avec elle et celles-ci s'élevant dans la haute atmosphère, créent un appel incessant qui est comblé par les vents froids descendant de l'Asie; c'est ce qu'on appelle la mousson d'hiver.

Les alizés qui règnent dans tout l'océan Atlantique ont une cause permanente.

Dans la zone de cet océan exposée aux rayonnements ardents du soleil, c'est-à-dire dans la région de l'Équateur, entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, l'échauffement intense de l'air qui en résulte l'oblige à s'élever dans l'atmosphère. Il perd aussitôt sa chaleur mais ne peut remplacer ce qui a été imbibé par les vents du Nord; ce sont d'ailleurs presque tous les jours, les alizés supérieurs; prement dits, les contre-alizés ou connus, à la surface de la mer, les autres dans la haute atmosphère.

On pourrait même phénomène décrit à propos de la mousson, ne se produise pas dans l'Atlantique, mais les circonstances ne sont point du tout les mêmes.

D'abord au point de vue aérien et hydrologique, l'Afrique tropicale peut être considérée comme une sorte de mer à cause de l'abondance des eaux intérieures, mais surtout de la présence d'immenses forêts qui, somme toute, jouent le rôle de surfaces aquifères à cause de l'absorption de la chaleur solaire et de l'intensité de l'évaporation par les végétaux.

Il n'y a point, comme en Asie, de très hauts plateaux et de très hautes montagnes situés exactement au Nord de la région marine chaude et jouant le rôle de condensateurs des vapeurs. L'Atlantique, au contraire, est étendu sans limite du pôle Sud au pôle Nord et s'ouvre tout entier, largement, aux grands courants aériens et marins.



LE SPHYNX ET L'ÉROSION ÉOLIENNE.

Les grains de sable charriés par le vent ont, à la longue usé la pierre dure, creusé des sillons dans les zones plus tendres, en dessinant les plans de clivage des blocs et sculpté au vieux Sphinx une face nouvelle.

s'étonner que le que nous avons de la mousson, ne dans l'Atlantique,

Parmi ceux-ci, on le sait, il y a surtout, dans notre hémisphère, le Gulf-Stream qui prend naissance dans le golfe du Mexique (un des points les plus chauds du monde) et vient baigner les côtes de l'Europe depuis l'Espagne jusqu'à l'Écosse et la Norvège; c'est à lui que nous devons notre doux climat de France, humide et tiède.

La masse d'eau qu'il charrie vers le Pôle et qui fond les glaces errantes est remplacée par un courant polaire qu'on appelle le courant du Labrador, qui descend vers le Sud et vient au niveau de la mer des Sargasses se perdre dans l'immensité des couches profondes de l'Atlantique.

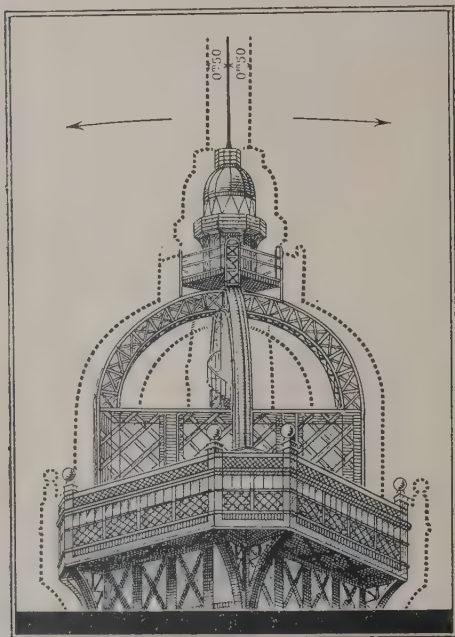
Parmi les courants marins, certains sont variables et saisonniers. Comme, par exemple, les courants des moussons de l'Océan Indien. Le Gulf-Stream, lui, au contraire est immuable, tout au moins dans le parcours de ses branches principales. Nous verrons plus loin, l'intérêt capital que présente pour l'Humanité, la connaissance précise des variations des courants secondaires.

Quoi qu'il en soit, cet immense courant, qui prend sa source dans la partie la plus chaude de l'Atlantique, vers les Antilles, présente à son origine, une température superficielle de 32° centigrades; il débite le formidable volume de 33 millions de mètres cubes à la seconde, sur une épaisseur qui atteint et même dépasse 1 100 mètres et sa vitesse atteint 10 kilomètres à l'heure, ce qui est l'allure de route des grands clippers (voiliers rapides) et n'est que peu inférieure à la vitesse économique des cargo-boats ou vapeurs de charge.

Sa direction générale est sud-ouest, nord-est; il traverse l'Atlantique nord en biais, en écharpe, se dirigeant vers les côtes de l'Afrique du Nord et de l'Europe occidentale.

Il s'étale en éventail, dans son parcours et en même temps qu'il gagne en surface, il perd en profondeur, en chaleur et en vitesse; il envoie des ramifications dans toutes les mers qui joignent l'Atlantique Nord, le long du Groenland, de l'Angleterre, de la Norvège, et même du Spitzberg; un rameau s'incurve dans le golfe de Gascogne, tandis qu'un autre pénètre dans la Manche, sans parler de la branche circulaire qui redescend vers les Canaries, à contre-courant du flot principal.

La connaissance de ces parcours ultimes a une grande importance avons-nous dit; nous savons en effet, que beaucoup de poissons dits migrateurs, comme la sardine, se nourrissent des organismes flottants, végétaux ou animaux pélagiques, comme on les nomme, et dont l'ensemble constitue cette gelée flottante



LA LANTERNE QUI TERMINE
LA TOUR EIFFEL.

Par vent moyen, elle oscille avec une amplitude de 1 mètre soit 50 centimètres de chaque côté de la verticale.

nourricière appelée plancton; or ce plancton est très sensible aux écarts de température, la connaissance précise de cette dernière renseignera sur la présence ou l'absence du poisson liée à celle de sa nourriture; c'est ce que l'on a appelé la « pêche au thermomètre. »

Les Norvégiens prétendent pouvoir prédire à l'avance les fluctuations de la culture et de la maturation des céréales par l'observation de la température des courants se dirigeant vers leurs côtes et que l'on peut connaître à l'avance, en tenant compte de la vitesse du flux tiède qui leur arrive du sud-ouest. L'expérience a prouvé la justesse de cette observation.

C'est au Gulf-Stream, avons-nous dit, que la côte occidentale d'Europe doit la douceur de son climat; sans lui en effet, qui joue le rôle d'un immense calorifère, nous aurions en France un climat analogue à celui du Canada, avec des hivers longs et rigoureux et un été assez chaud, mais court et sec. Ces caractéristiques se retrouvent en effet à mesure que l'on s'éloigne de nos côtes, vers l'intérieur de l'Europe et l'Asie. C'est ainsi qu'à Pékin, il fait des hivers très rigoureux et qu'à Takou, à la même latitude que Naples, la mer gèle.

Si nous nous sommes un peu longuement étendus sur ces quelques notions, c'est que les courants marins, non seulement sont l'image concrète et plus facilement saisissable des courants aériens, mais encore sont liés de façon intime à ceux-ci.

En effet, le fonctionnement thermique de la partie équatoriale de l'Atlantique peut être comparé à un immense poêle, à un thermo-siphon océano-aérien démesuré dont les masses échauffées s'élevant et cheminant vers le Nord sont immédiatement remplacées par les masses froides descendant du pôle Nord.

Il faut d'ailleurs noter que d'autres facteurs interviennent dans ce mouvement aérien dont il est difficile d'apprécier exactement l'importance; ce sont les viscosités relatives de l'air et de l'eau qui occasionnent un certain degré d'adhérence avec les eaux marines; c'est encore la présence de quantités de vapeur d'eau éminemment variables qui tantôt se condensent, qui tantôt au contraire augmentent de tension; ce sont encore les mouvements de la terre sur son orbite et sur son axe et certainement aussi des actions électriques et magnétiques dont il est difficile de déterminer avec précision les effets; il en est de même pour les attractions des astres.

LE RÔLE DU VENT DANS LA VIE TERRESTRE

Quel est le rôle du vent dans la vie de la Planète, et quelle est son importance? Ce rôle est capital; son importance est vitale.

Tout le monde sait que les climats dépendent, avant toute chose, du régime des vents dominants; c'est ainsi que dans notre France, les régions du Sud-Ouest soumises alternativement au vent de l'Océan ou de la Méditerranée ont un climat très doux, très égal et humide. Seulement quand souffle le vent du Nord la température s'abaisse; mais en revanche les courants venant de la Méditerranée du Sud ou de l'Afrique et qui s'engouffrent par la trouée de Naurouze viennent réchauffer toutes ces contrées. Le contraste est particulièrement frappant au fond du Golfe de Gascogne.

Là, subitement, suivant que le vent vient du Nord-Ouest, du Sud-Est,

ou du Sud-Ouest, la température change du tout au tout et au cœur de l'hiver on jouit de journées absolument printanières.

Ce qui fait le grand charme de la Riviera française, c'est-à-dire de la côte de la Méditerranée, de Saint-Raphaël à la frontière italienne, est justement la prédominance des vents chauds venant de la direction générale du Sud tandis que les courants froids sont arrêtés par les contreforts des Alpes dont le pied vient baigner dans la mer.

Il en résulte un printemps perpétuel et, de toute manière, une température moyenne bien plus élevée que celle qui serait déterminée par la latitude de l'endroit. Il y a là un phénomène analogue, toute proportion gardée, à celui qui se passe le long d'un mur exposé au midi, sur la face duquel mûrissent les espaliers, tandis que le côté qui regarde le Nord est sans cesse exposé aux frimas. On peut se rendre compte de la grande différence de température qui règne entre les deux expositions par la différence même de la végétation qui prospère des deux côtés.

Dans un ordre d'idées plus général, le même phénomène se produit dans les montagnes et le voyageur est tout surpris, ayant dépassé le faite des Pyrénées, par exemple, de trouver sur le versant espagnol une végétation déjà différente de celle du versant français exposé au Nord.

En Riviera, quelques milliers de mètres, quelques centaines quelquefois, séparent le versant où fleurit l'oranger, où prospèrent en pleine terre les palmiers, les citronniers, les grenadiers, les myrtes et les lauriers roses de celui où ne vivent plus que les pins, les mélèzes et, d'une manière générale, les arbres et les herbes du Centre et du Nord de la France.

Le rôle du vent est capital au point de vue biologique, c'est-à-dire au point de vue de la vie des êtres répandus à la surface de la terre. Tout d'abord, c'est grâce à lui que les végétaux peuvent prospérer.

Nous savons en effet que ceux-ci ne prennent dans le sol que très peu de nourriture : seulement quelques sels de potasse, de chaux, de magnésie, quelques traces de fer et d'autres métaux, un peu de silice et de phosphore : en somme, très peu de choses, représentées, après la combustion d'un végétal, par ce résidu qu'on appelle les cendres.

Or, celles-ci constituent une faible proportion, en poids, du végétal vivant ; c'est pourtant tout ce que le sol lui a fourni durant sa vie.

Mais, dira-t-on, d'où la plante tire-t-elle alors la plus grande partie de sa substance ? De l'air, uniquement de l'air, par le mécanisme de ce que l'on appelle la fonction chlorophyllienne.

A cet effet, les feuilles des plantes sont munies d'une substance verte que l'on appelle la chlorophylle et dont le rôle est de puiser dans l'air atmosphérique tous les éléments autres que les (sels minéraux) que nous avons cités et qui sont tous empruntés aux gaz de l'air, c'est-à-dire, l'oxygène, l'azote, et surtout l'acide carbonique.

C'est sous l'influence des rayons solaires que la chlorophylle absorbant l'acide carbonique, en fixe le carbone et en restitue l'oxygène.

Ce carbone ainsi retiré de l'air, les organes de la plante l'utilisent pour composer toute la série des produits végétaux, depuis le bois, le sucre, les

essences, les parfums, etc., etc., qui sont d'une manière générale composés d'eau et de charbon, pour l'immense majorité.

On se rend très bien compte de la chose en distillant en vase clos un végétal quelconque ou un produit végétal et en remarquant que le terme ultime de la décomposition est toujours du charbon de bois.

Il y a même là une notion d'un intérêt capital; cette humble chlorophylle est sur terre la source de toute vie, c'est-à-dire le seul agent capable d'utiliser directement la chaleur solaire pour construire à partir des éléments simples gazeux ou minéraux et de l'eau, toute la série si complexe des corps vivants et végétaux; c'est l'intermédiaire obligé entre le soleil, et toute la vie terrestre qui en procède.

Les herbivores viennent ensuite, qui absorbent cette substance végétale qu'ils auraient été incapables de construire eux-mêmes et les carnivores ou l'homme viennent en dernier qui utilisent le tout (aliments végétaux et chair des animaux herbivores, qui s'en sont nourris) pour leur propre alimentation.

LE VENT NOURRICIER

Donc, l'accroissement d'une plante nécessite un apport constant d'acide carbonique (nous savons que celui-ci est, de nos jours, en proportion très faible dans l'atmosphère. Il n'en a pas été de même dans le cours des siècles et des millénaires écoulés: ainsi, par exemple, dans la période carbonifère où la terre était couverte d'immenses forêts qui puisaient dans une atmosphère riche en carbone tous les éléments d'un accroissement formidable favorisé par un climat chaud et humide).

Si le vent n'intervenait pas pour brasser l'atmosphère et transporter l'acide carbonique des lieux de sa production aux lieux de sa consommation, les plantes mourraient bientôt d'inanition et, par suite, les animaux et les hommes.

Les sources actuelles de l'acide carbonique sont, comme on le sait: les foyers humains qui restituent à l'atmosphère une partie de l'acide carbonique que les forêts primitives de l'époque carbonifère avaient fixé puis certaines industries comme les fours à chaux; mais cela est une goutte d'eau dans l'Océan; les grandes sources d'acide carbonique sont, avec les éruptions volcaniques, la putréfaction de toute matière vivante comme l'ont montré les travaux immortels de Lavoisier, les fermentations de toutes sortes, la respiration de tous les êtres vivants (y compris les végétaux eux-mêmes).

C'est un fait depuis longtemps connu, que les plantes rejettent de l'oxygène pendant le jour et de l'acide carbonique pendant la nuit. D'où le danger de laisser des plantes vertes dans les chambres à coucher peu aérées. Les plantes sans pigments chlorophylliens telles que les champignons respirent comme les animaux et exhalent de l'acide carbonique nuit et jour.

Mais on comprend que la production d'acide carbonique forcément localisée irrégulièrement, favoriserait à certains endroits une végétation exubérante alors que d'autres contrées seraient privées de cet élément essentiel: de même à certaines saisons les feuilles étant presque toutes tombées et celles des végétaux

toujours verts n'ayant qu'une activité très réduite en hiver, il se trouverait que l'acide carbonique ne saurait être utilisé; c'est pourquoi le vent est le grand bienfaiteur des végétaux et, par eux, de la vie universelle à la surface du monde en répandant partout le carbone, un des aliments principaux de toute vie.

La fixation du carbone nécessite le renouvellement d'un volume d'air énorme.

Pour s'en faire une idée et sans entrer dans la complication des calculs, songeons un instant à ce que la masse d'un gros chêne représente de carbone.

Sans parler du charbon qui est la base même de la cellulose, élément constituant du bois, le végétal comprend encore des grandes quantités de carbone à l'état solide, liquide, volatil ou gazeux et qui se dégage pendant la distillation en vase clos ou encore brûle pendant la combustion (comme par exemple l'alcool méthylique, l'acide acétique, les essences, les résines, les sucres, l'amidon, la chlorophylle elle-même, les carbonates alcalins ou alcalino-terreux)¹.

Toutes ces diverses formes d'un même élément : le carbone, à l'état de combinaison, en représentent donc une quantité formidable; on peut d'ailleurs dire que le charbon compose la masse totale du végétal (sauf l'eau et les cendres), et qu'il a été puisé dans l'atmosphère sous forme d'acide carbonique; il a donc fallu que des masses considérables d'air soient mises en contact avec le végétal, quand on sait que la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique est normalement de quelques dix-millièmes seulement (1/3 000) environ.

Dans ces conditions, une plante située dans un bas-fond à l'abri du vent ne saurait prospérer à moins qu'il ne se trouve sur place des sources de ce gaz carbonique indispensable. Il peut provenir, soit de sources naturelles, soit de la décomposition de débris végétaux ou animaux entassés.

Dans tous les autres cas, il faut une ventilation énergique qui renouvelle constamment l'air qui baigne les feuilles vertes.

Il en est de même dans le cas des végétaux marins, quand ils sont munis eux aussi de chlorophylle (ou d'un autre pigment jouant le même rôle), car dans les mers, comme sur terre, toute vie, toute énergie provient du soleil par l'intermédiaire des végétaux qui fixent le carbone, ainsi que nous l'avons expliqué pour les végétaux terrestres.

Dans les océans, on a pu longtemps se demander d'où provenait en effet l'énergie primaire, puisque l'immense majorité des animaux marins est carnivore et, par conséquent, se nourrit d'êtres organisés supérieurs.

Ce n'est que depuis qu'on a découvert la matière nutritive répandue au sein des eaux et dont l'ensemble constitue le plancton que l'on a eu la clé du mystère et l'explication de cette contradiction apparente.

Maintenant on sait que la même règle qui est valable sur les continents est valable aussi au sein des océans, car ce plancton est composé, pour la majeure

1. Ces carbonates y sont même abondants au point que les cendres de bois ont été pendant des siècles grâce à leur carbonate de potasse, utilisés pour la lessive, la fabrication des savons, des verres, etc. et pour l'extraction même de ce sel. La potasse d'Amérique ou de Russie était du carbonate de potasse extrait des cendres de bois par lixiviation dans les immenses forêts d'Amérique ou de Russie que cette industrie a contribué à ruiner. Aujourd'hui la potasse s'extrait du chlorure de potassium impur retiré des mines d'Allemagne et d'Alsace.

partie, d'une sorte de gelée vivante dont les éléments sont d'ailleurs très divers, mais parmi lesquels se trouve quantité de diatomées, d'infusoires, d'algues microscopiques qui vivent au dépens de l'acide carbonique dissous dans l'eau de mer.

Les végétaux sont encore redoutables au vent d'un autre bienfait :

Chez les plantes dioïques, les fleurs mâles et les fleurs femelles ne sont point sur le même pied. Au moment de la fécondation, c'est le vent qui transporte la semence des plantes mâles aux plantes femelles et permet ainsi la reproduction en disséminant au loin les grains de la matière fécondante que l'on appelle le pollen.

Une note du Pr G. Nicolas de Toulouse, nous dit en effet (*Nature*, du 7 juillet 1924) :



LES SILLONS PARALLÈLES TRACÉS PAR LE VENT
SUR UNE PLAGE DE SABLE SEC.



LES DUNES DU GRAND ERG AU SAHARA
ÉDIFIÉES GRAIN A GRAIN PAR LES VENTS DU DÉSERT.

« Les Toulousains qui, le 24 avril dernier, se rendaient à leur travail à une heure matinale, furent fort étonnés de voir le sol jonché d'une poussière d'un jaune vif, ressemblant à s'y méprendre, à de la fleur de soufre. »

« A la vérité, la pluie avait déjà nettoyé le sol, et la fine poussière se trouvait rassemblée au bord des rigoles et autour des flaques, où l'eau, en baissant de niveau, l'avait abandonnée sous forme de bordures ou d'auroles. »

« Mais la présence de cette substance dans toutes les rues de la ville écartait l'hypothèse de quelque déchet d'usine ou d'une matière tombée d'un véhicule en marche, et nul ne mit en doute que cette poussière jaune fût venue du ciel. En effet, les personnes qui se trou-

vaient déjà dehors entre quatre et cinq heures du matin avaient assisté à ce phénomène. »

« Il soufflait un très faible vent d'Ouest, accompagné de légères ondées, et, après la chute de la poussière, il se mit à pleuvoir assez abondamment.

« Quand la ville s'éveilla, et tandis que l'on parlait déjà de la « pluie de soufre, » les chercheurs s'empressèrent de recueillir un peu de cette curieuse substance et de l'examiner sous leur microscope. »

« C'était bien, comme toujours dans les « pluies de soufre » du pollen de pin. Ces grains de pollen, si caractéristiques, portent chacun deux petits ballonnets, véritables sacs à air provenant du décollement des deux enveloppes du grain (exine et intine). Grâce à ce dispositif, le pollen des fleurs

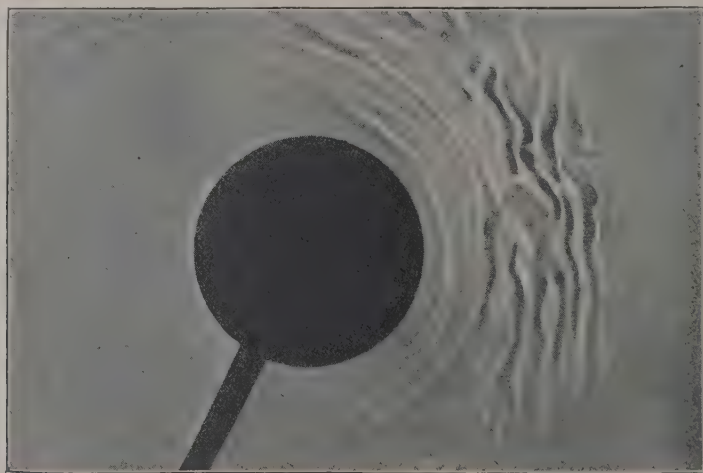


IMAGE DES REMOUS PRODUITS DANS L'AIR PAR LA PROGRESSION D'UN CORPS SPHÉRIQUE OU, CE QUI REVIENT AU MÊME, PAR LE VENT SUR UN CORPS IMMOBILE.

de pin est excessivement léger et susceptible de transport par le vent à de très grandes distances. »

« Les pins, ainsi que d'autres conifères, sont un exemple particulièrement intéressant de plantes anémophiles, dont la pollinisation s'effectue par les vents. »

« Cette chute de pollen très abondante, qui a couvert toute la ville et la région environnante, jusqu'à 25 kilomètres au moins dans la direction de Montauban, provenait certainement des forêts de pins maritimes des Landes; le pollen avait été transporté par le vent, qui soufflait de l'Ouest. »

« Dans la région de Mont-de-Marsan, ces chutes sont fréquentes, et personne ne s'en étonne. »

« On admet d'autant mieux que le vent puisse charrier, sur un long trajet, une substance aussi légère que le pollen, quand on sait qu'il transporte, dans certains cas, des multitudes de petits crapauds, aspirés par une trombe hors de la mare natale et qui retombent en pluie très loin de leur lieu d'origine. »

On comprend l'importance biologique, pour la propagation des espèces, du transport à grande distance, dans des conditions favorables, de pollen, de



GRAND PAVILLON DE LA SOUFFLERIE AU CENTRE D'ÉTUDES AÉRONAUTIQUES
D'ISSY-LES-MOULINEAUX, DONT LES DÉTAILS SONT EXPLIQUÉS DANS LES PAGES SUIVANTES.

Ce ventilateur, le plus puissant du monde est construit à l'effet d'étudier la résistance à l'avancement des différentes pièces d'avions, voire des avions tout entiers.

En effet, de progrès en progrès, on arrive à serrer les phénomènes de plus en plus près et à faire mieux que l'oiseau qui fend l'air; c'est-à-dire à trouver des formes, qui, tout en offrant une moindre résistance à l'avancement, sont plus portantes et pour une force donnée atteignent une plus grande vitesse.

Mais, pour fixer les données de cette science nouvelle, appelée Aérodynamique, il a été nécessaire de créer de toutes pièces un outillage expérimental.

Il y a deux façons de réaliser une expérience aérodynamique; la première consiste à faire avancer dans l'air à l'aide d'un chariot, muni d'un dispositif approprié, à la vitesse donnée, la surface à étudier; la deuxième au contraire laisse en repos la surface et fait mouvoir l'air à la vitesse convenable. Dans les deux cas, le résultat est le même, car le vent relatif, c'est-à-dire le rapport entre la vitesse du corps à étudier et le milieu dans lequel il est plongé, ne varie pas. Et l'on comprend facilement que la 2^e méthode est de beaucoup la plus commode pour l'encombrement réduit, la facilité des observations, le placement et le fonctionnement des appareils graphiques de mesure, ou enregistreurs, etc.

spores, d'œufs ou même d'animaux de petite taille, tels que des batraciens ou des poissons.

Tout dernièrement des expériences ont été faites au moyen d'avions pour rechercher jusqu'à quelle hauteur, on retrouvait dans l'atmosphère, des spores ou des grains de matière vivante.

Pour cela, on enduisait de glu des cadres munis d'une feuille d'aluminium ou d'une toile, enfermés dans un carter étanche. Arrivé à une altitude déterminée, le pilote, ayant démasqué un instant l'un de ses cadres agglutinants, le refermait soigneusement. De retour au sol, les poussières retenues par la glu étaient soigneusement examinées au microscope.

Sans parler des poussières inorganiques, on a trouvé des germes vivants, principalement grains polliniques ou spores de ferments ou de moisissures jusqu'à près de 5 000 mètres de hauteur.

En dehors de ces poussières vivantes, qui, bien qu'en état de vie ralentie (pour mieux résister aux agents de destruction, dissecation et rayonnement solaire) n'attendent que d'être mises dans des conditions favorables de température et d'humidité, pour donner naissance à des êtres organisés, la haute atmosphère contient d'autres corps inorganiques, à un degré de division extrême, telles que les cendres volcaniques qui restent fort longtemps en l'air et sont transportées par le vent à des distances énormes. On a vu aussi (ainsi que nous l'a rapporté tout à l'heure le P^r Nicolas) des têtards enlevés hors de la mare natale, par une trombe d'eau, puis charriés par le vent, aller tomber à des distances quelquefois considérables.

Il en est de même pour les poissons; l'on a assisté en Angleterre, dernièrement, à une pluie de cette sorte, et parmi les poissons ainsi tombés du ciel, il y avait des équilles et des lançons qui mesuraient jusqu'à 12 et 15 centimètres de longueur; ils étaient d'ailleurs morts mais, dans certains autres cas, les poissons bien plus résistants, tels que les ciballes ou jeunes anguilles arrivaient au sol en parfaite vitalité et, profitant du moindre filet d'eau ou même des terres humides allaient peupler des lacs et des mares absolument fermés. ce qui, pendant longtemps, a été un mystère, car on sait que l'anguille ne se reproduit que dans la mer. C'est tout dernièrement qu'un savant océanographe danois a découvert dans la mer des Sargasses, le lieu de ponte et d'éclosion de toutes les anguilles du Monde, ainsi que nous l'avons écrit dans un autre chapitre.

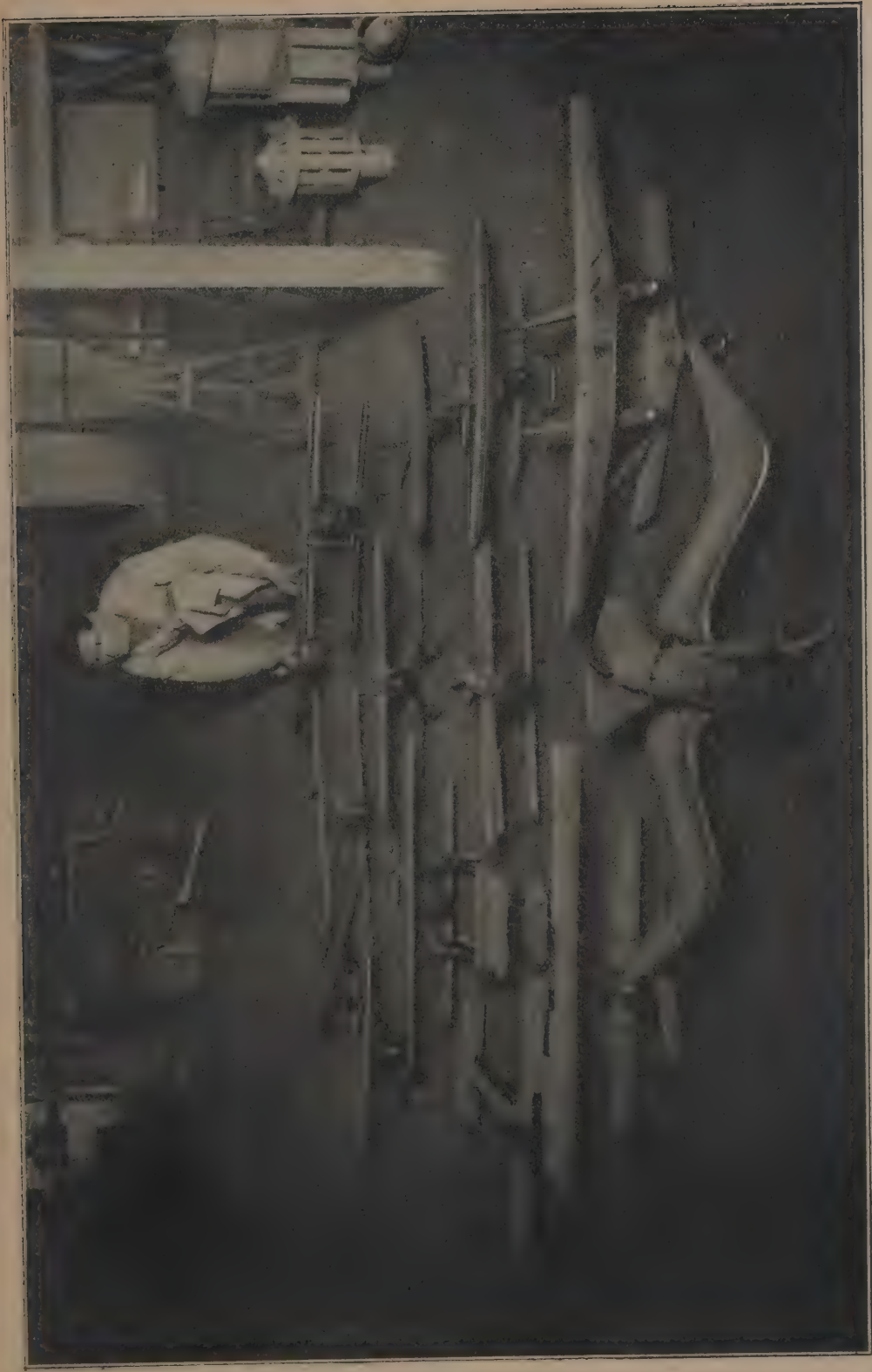
LE VENT DESTRUCTEUR

Donc nous voyons que, comme toutes les choses de la nature, le vent est un élément de vie et de prospérité à la surface du globe mais de même, que toute chose dans la nature, il est aussi un élément de trouble et de mort.

Nos gravures donnent un exemple particulièrement frappant de l'érosion éolienne; c'est la représentation du Sphinx d'Égypte.

L'industrie humaine a d'ailleurs copié ce procédé nature et nous savons qu'il existe quantité de machines à décaper, à nettoyer, à polir, dont l'agent actif consiste en un violent courant d'air chargé de grains d'un sable siliceux très dur.

Dans beaucoup d'ateliers de polissage on n'utilise pas d'autres procédés,



MAQUETTES ET MODÈLES D'AVIONS.

Ces modèles, réductions rigoureusement à « l'échelle » des appareils à l'étude, sont généralement construits en bois, soigneusement polis et vernis; ils sont complets avec leur train d'atterrissage, leurs haubans et les moindres de leurs tendeurs. Tels quels, ils sont disposés dans la chambre de travail de la Soufflerie que nous avons décrite.

on l'emploie même pour le ravalement des façades en pierres ou en briques des édifices de nos cités¹.

Quelquefois le vent, dans les régions désertiques use les cailloux superficiels au point de les faire ressembler si étroitement à des galets roulés par les flots, que l'on a cru longtemps que les déserts ainsi recouverts étaient le fond desséché de quelques cours d'eau gigantesques.

Il n'en est rien; le phénomène (d'ailleurs absolument analogue dans son mécanisme à celui qui se produit au sein des eaux), est d'origine purement éolienne.

Mais quelquefois, avons-nous dit, au lieu de charrier quelques grains de sable, le vent en transporte des quantités considérables; cela se produit surtout sur le bord de la mer où les flots amoncellent sans cesse des couches de sable très fin et auxquelles la présence de fragments microscopiques de calcaire poreux provenant de coquilles broyées de mollusques marins communique une grande légèreté.

Les vagues disposent ce sable en longs sillons parallèles qui, aussitôt secs sont poussés par le vent et forment un talus en pente douce du côté de la mer et en pente abrupte du côté opposé, que l'on appelle des dunes.

Certaines peuvent atteindre plus de 100 mètres de hauteur et c'est là un danger considérable pour les terres voisines, car tout l'ensemble de la dune progresse vers l'intérieur avec une vitesse variable, mais qui peut aller de 20 mètres par an comme dans le golfe de Gascogne, jusqu'à plus de 80 mètres dans le comté de Suffolk en Angleterre et jusqu'à un demi-kilomètre (toujours annuel) en France, à Saint-Pol-de-Léon, en Bretagne.

Le flot sablonneux qui s'avance ainsi est irrésistible et engloutit les terres, moissons, bourgs et cultures.

Le village de Skagen en Danemark a été ainsi enseveli par une colline de sable, le clocher seul émerge de ce linceul mouvant.

Mais en France, grâce aux travaux du célèbre ingénieur Brémontier, nous avons fixé ces sables envahissants qui avaient déjà recouvert une grande partie de la Gascogne. Le fléau était particulièrement redoutable sur cette côte basse, qui forme une immense plage de l'embouchure de la Gironde aux confins espagnols; dans cet énorme cul-de-sac du golfe de Gascogne, les grandes houles de l'Atlantique broient sans arrêt les sables fins, presque impalpables, que la marée découvre chaque jour. Le vent s'emparant de ces poussières aussitôt sèches les poussait à l'assaut du rivage, édifiait un talus qu'il se mettait à écréter aussitôt formé, en jetant plus loin les sables du sommet; le même phénomène se reproduisant alors, une nouvelle dune se formait et ainsi de suite, comme une série des vagues gigantesques d'une houle solidifiée; entre les sillons de cette houle, parallèle au rivage, les eaux de pluie s'accumulaient formant des mares et des étangs. De proche en proche, toute une fertile région disparaissait sous les sables et sous les eaux.

Des plantations de ces pins maritimes dont nous avons vu tout à l'heure

1. Le procédé de ravalement le plus récent et, semble-t-il, le plus parfait à l'heure actuelle, consiste en un puissant jet de vapeur d'eau qui respecte la couche dure des pierres ou calcaire, leur couleur et jusqu'à leur patine, ce que ne fait pas le jet de sable, toujours un peu abrasif, qui use les surfaces.

le pollen s'envoler au loin, sont l'agent de fixation parfaite du sol et les forêts ainsi créées sont d'un excellent rapport, non seulement pour le bois qui, bien que d'une qualité médiocre, est susceptible grâce à des travaux tout récents d'être transformés en pâte à papier, mais surtout grâce à la résine qui est la source de l'essence de térébenthine (qui est un des corps les plus précieux dans la chimie organique moderne), et de la colophane que tout le monde connaît.

Depuis la dernière guerre, en particulier, l'essence de térébenthine est tellement recherchée, elle a acquis un prix si élevé que l'on nous pardonnera d'ouvrir une parenthèse à ce sujet; ce produit national, dont le marché mondial est à Bordeaux, est devenu si précieux que les Anglais ont créé tout un outillage assez compliqué pour extraire les quelques gouttes de résine qui restent dans les troncs et les branches de pin encore vert qu'ils reçoivent en grande quantité des Landes pour servir de poteaux et d'étais employés à la construction des boisages dans les mines.

Disons tout d'abord un mot (commençant par le commencement) de la façon dont s'établit une plantation, suivant le procédé de Brémontier lui-même. Si l'on a affaire à un sol mouvant (comme une dune de formation récente), on ne pourrait semer directement le pin, que sa croissance, trop lente, ne mettrait pas à l'abri de l'ensablement. On sème par conséquent un mélange de graines diverses, ajoncs, genêts, bruyères, etc., qui levant en même temps que les jeunes arbres fixent les sables pendant toute l'enfance de ceux-ci; il suffit ensuite, quand la forêt est en pleine pousse, d'éclairer les semis; les arbres en grandissant se chargeront eux-mêmes de nettoyer les sous-bois, en étouffant toute la basse végétation sous une couche d'aiguilles sèches et en lui dérobant tout le soleil.

Quand on dispose d'une lande marécageuse, déjà en partie fixée, on transplante en quinconce des arbres semés en pépinière.

Quoi qu'il en soit nous voyons des terrains stériles, incapables même de nourrir de maigres troupeaux de chèvres ou de moutons, se couvrir de magnifiques forêts.

Quand les arbres ont atteint un développement suffisant (ce qui demande de vingt à quarante ans on fait une entaille le long du tronc et l'on suspend sous la blessure un petit récipient en terre ou en métal: la sève de l'arbre s'écoule sous forme de gouttes visqueuses, d'abord transparentes, qui s'épaississent deviennent une masse opaque, blanchâtre, à saveur brûlante, à odeur aromatique puissante et que l'on appelle la gomme. Cette gomme, qui remplit les vases fixés aux troncs des pins est recueillie, puis distillée. L'essence de térébenthine se condense dans le serpentin, et l'alambic reste plein d'une matière blonde qui se solidifie en refroidissant et que l'on appelle la colophane, base des vernis et matière première de nombreuses industries.

Il était bon, croyons-nous de dire quelques mots de cette culture française qui a arraché à la stérilité et à la mort d'immenses territoires et en a fait de riches et prospères contrées.

Il est à remarquer également que, après un certain temps de culture de ces dunes en forêt, le sol considérablement amendé et recouvert d'une couche d'humus provenant des débris végétaux accumulés, devient fertile et suscep-

tible d'être mis en culture au lieu de la stérilité complète du sable primitif qui en faisait une sorte de désert absolument aride.

Malheureusement, ce remède n'est pas partout applicable, en particulier dans les régions sablonneuses du Sahara où l'on n'a pas encore trouvé de végétal assez sobre pour se contenter d'une aussi maigre nourriture et surtout pour vivre dans une sécheresse presque complète.

C'est pourquoi le Simoun, le terrible vent du désert et le Sirocco enlèvent tous les ans de nouvelles régions qui sont perdues pour l'homme.

Mais le grand domaine du vent c'est la mer; c'est là que se forment les grands courants périodiques ou permanents dont nous avons parlé et c'est là que se manifeste dans sa diversité et dans sa puissance toute l'œuvre si diverse du vent.

Depuis les brises légères qui rident à peine la surface des eaux (les risées comme disent les marins) jusqu'aux grands souffles cycloniques, toute la gamme des mouvements aériens s'y trouve dessinée comme en un grand livre.

L'action du vent peut s'opposer même à celle pourtant irrésistible des marées; quand, au contraire, elle s'y ajoute, elle élève subitement le niveau des eaux jusqu'à des hauteurs considérables et c'est ce que nous avons vu dernièrement dans le cas du raz de marée désastreux qui a ravagé nos côtes, de Saint-Nazaire à Saint-Jean-de-Luz.

Le point d'origine des tempêtes marines est toujours un centre de dépression et les tempêtes sont d'autant plus formidables que la dépression est plus accentuée; toutefois il ne faudrait pas croire que les flots aériens se précipitent en droite ligne pour combler la dépression signalée par le baromètre, mais tournent autour avec une vitesse considérable.

Dans notre hémisphère (hémisphère Nord ou boréal) ce sens de rotation est constamment dirigé dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre, alors que dans l'hémisphère Sud ou austral, le mouvement se fait en sens contraire.

Ces tourbillons se déplacent en suivant la direction générale des courants aériens qui dominent à l'époque où ils se produisent; ainsi par exemple dans l'océan Indien ils iront vers le Nord-Ouest pendant la mousson d'été et en sens inverse pendant la mousson d'hiver.

Donc, nous voyons ces masses d'air animées de deux sortes de mouvements : un mouvement de rotation que l'on mesure par sa vitesse angulaire autour d'un centre et la vitesse de translation du phénomène que l'on mesure par celle des courants aériens dans lesquels les phénomènes se produisent.

Grâce à la T. S. F., on peut aujourd'hui prédire la force (grâce à l'annotation du point barométrique le plus bas, au centre de la dépression) et le chemin qu'elle parcourra.

Son intensité étant proportionnelle à la dépression qui lui donne naissance, et sa vitesse de translation étant connue, on voit qu'il est possible de déterminer le trajet probable du météore et d'en avertir par T. S. F. les navires qui se trouveraient dans la zone dangereuse.

Il y a à Changai un observatoire spécialisé dans l'étude des typhons et qui, sous la direction d'un savant Père jésuite que tous les marins du monde connaissent sous le surnom de *Père Typhon*, est sans cesse occupé à la recherche de ces tempêtes et à leur signalisation par télégraphie sans fil, aux navires perdus sur la mer.

C'est d'après l'intensité probable calculée sur ces éléments que l'on classe les tempêtes suivant leur degré de gravité, depuis la simple bourrasque jusqu'aux cyclones et autres typhons, ce dernier nom étant principalement réservé aux tempêtes tourbillonnaires qui se produisent dans les mers d'Extrême-Orient.

Quand le mouvement tourbillonnaire se produit en présence de lourds nuages gorgés d'eau, tout prêts à crever et chargés d'électricité, il se produit grâce à la densité des éléments en jeu, une trombe qui est une sorte de colonne d'aspiration qui se promène suivant le trajet cyclonique, à la surface des eaux et qui les « suce » sous forme d'une colonne liquide; à la surface des terres elle écrase les édifices, déracine les arbres et déplace les rochers.

L'appareil qui indique la force et la direction du vent et qui a remplacé l'antique girouette, est l'anémomètre.

Nous n'en décrivons pas ici les systèmes bien connus tels que ceux qu'on voit tourner au sommet des observatoires comme la tour Saint-Jacques et qui représente grossièrement l'image de quatre cuillères à pot dont les queues seraient soudées deux à deux en croix et qui tourneraient autour de ce point central de soudure.

En aviation, on emploie une manche d'étoffe qui se dirige dans le lit du vent et qui se dresse plus ou moins suivant l'intensité de celui-ci.

Ce n'est pas un appareil de mesures scientifique, mais il donne des indications suffisantes pour la pratique journalière des aérodromes.

Les anémomètres peuvent marquer dans nos climats — exceptionnellement il est vrai — des vitesses qui vont jusqu'à 120 mètres à la seconde, ce qui est formidable et correspond à une pression sur les édifices de plusieurs dizaines de kilogrammes par mètre carré. Il n'en faut pas tant pour déplacer le sommet de la tour Eiffel et le faire osciller autour de son centre d'un mouvement dont l'amplitude totale peut atteindre un mètre.

UTILISATION DU VENT

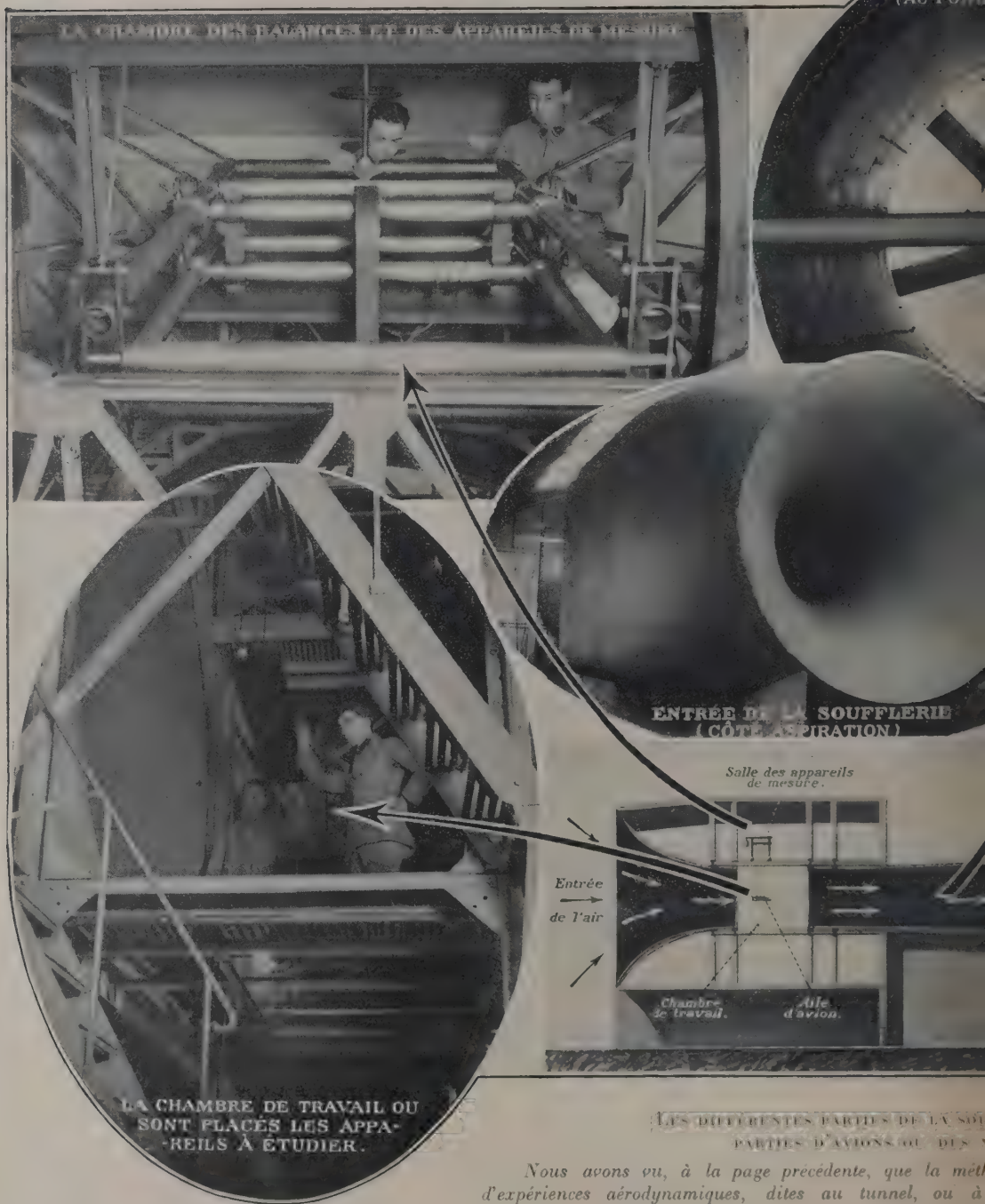
De tous temps, l'homme a voulu utiliser cette force qui, tout en lui révélant l'existence de l'air qui sans cela serait pour lui passée inaperçu, lui en démontrait en même temps la puissance.

Le premier engin créé, par le génie humain dans ce but, dans la nuit des âges fut le bateau à voiles orientales.

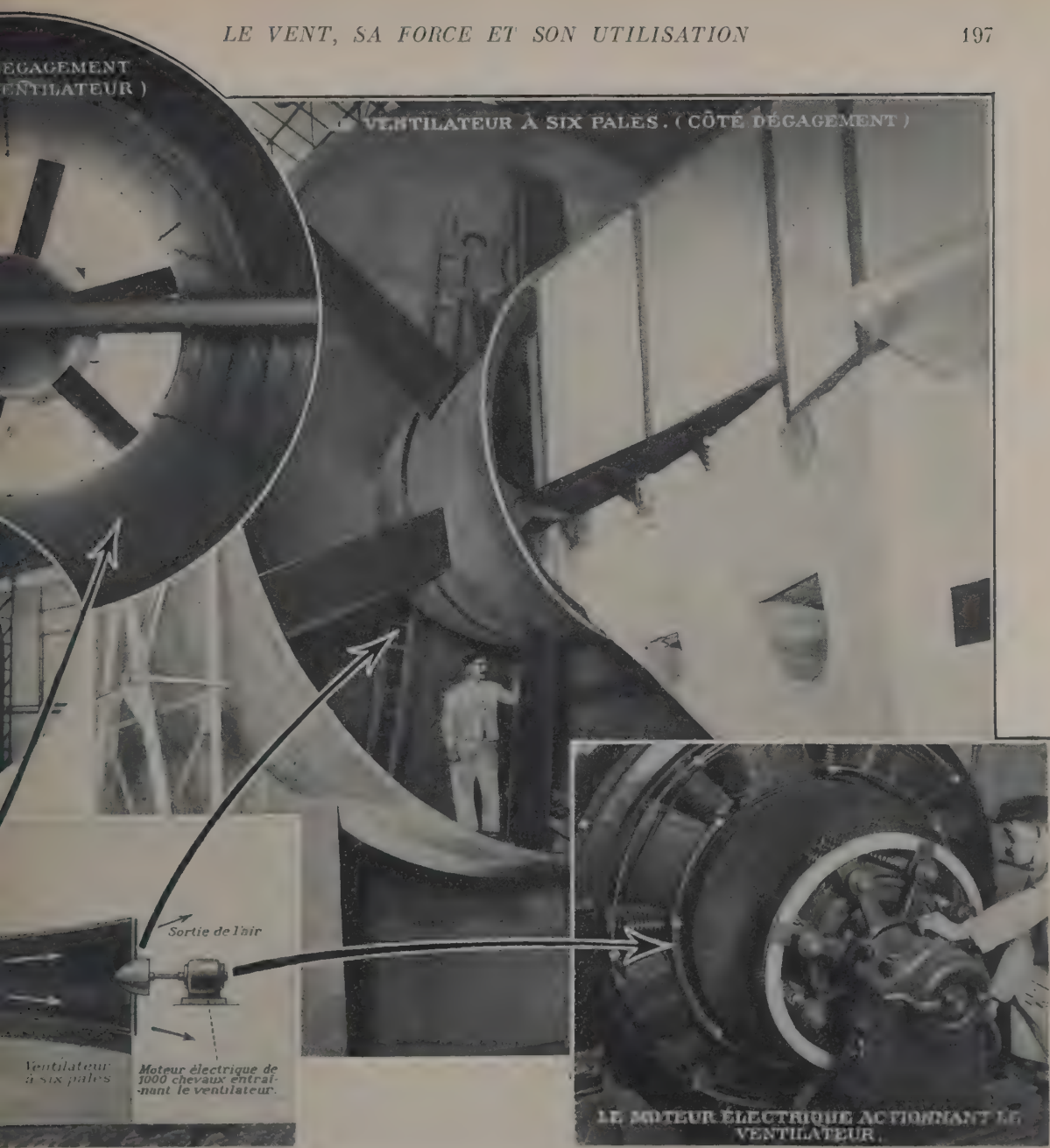
C'est en effet grâce uniquement à cette orientabilité de la voilure que le navire peut se diriger à son gré dans n'importe quelle direction et même remonter dans le lit du vent en tirant des « bordées. »

On a cru tout dernièrement perfectionner cet antique système de voilure et M. Constantin a préconisé un engin marchant à l'aide d'une turbine ou hélice aérienne dont le mouvement était transmis à une hélice marine immergée.

Cette solution nous apparaît paradoxale car l'aile de l'hélice aérienne, comme nous le verrons tout à l'heure à propos des moulins à vents, marche toujours dans l'allure que les marins appellent du « plus près » au « grand largue », c'est-à-dire faisant un angle avec le lit du vent pouvant aller jusqu'à 45°.



Nous avons vu, à la page précédente, que la méthode d'expériences aérodynamiques, dites au tunnel, ou à soufflerie, consiste à faire agir un courant d'air, de vitesse donnée, soit sur un modèle d'avion complet soit sur une partie d'avion (mâts, fuselages, longerons, courbes, etc., etc.), maintenus immobiles au milieu des filets d'air, dans la position qu'ils occuperont en vol. Sur une page précédente, nous avons vu le gigantesque entonnoir, l'embranchement en spirale où s'engouffrent les filets d'air, aspirés par une hélice à six pales qu'entraîne un moteur électrique de mille chevaux. À la suite de cette embouchure se trouve une partie rétrécie, le tunnel proprement dit où les filets d'air aspirés prennent une direction parallèle, tout en augmentant de vitesse. Vient ensuite la chambre de travail dans laquelle



E D'ISSY-LES-MOULINEAUX, LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE, POUR L'ÉTUDE DES
S DE VOILURES EN RÉDUCTION.

sont disposés les modèles ou éléments d'acron à étudier. Dans notre gravure du bas, à gauche et au milieu, on a figuré une aile d'aéroplane en examen. Cette aile est maintenue en position de vol, par un système de suspentes et de tringles qui correspondent à des instruments de mesure très précis, principalement des balances et des dynamomètres, placés dans une salle au-dessus de la chambre de travail, et où se tiennent les expérimentateurs. A chaque instant, ils sont renseignés sur les actions réciproques de l'air et des surfaces en étude, et des appareils graphiques enregistrent les différentes caractéristiques poussée, traînée, variations des centres suivant les incidences, etc., etc.). Le vent relatif produit par la grande soufflerie d'Issy-les-Moulinaux atteint jusqu'à 90 mètres-seconde soit 324 kilomètres-heure, vitesse déjà presque atteinte par certains avions.

A ce moment-là la pale de l'hélice travaille donc comme une partie de voilure qui serait orientée de la sorte. Or, comme elle a une surface infiniment plus petite que la voilure totale d'un navire, que, d'un autre côté, elle perd une grande partie de la force captée dans les organes de transmission mécanique, que l'hélice marine elle-même n'en rend qu'une partie, pour toutes ces raisons il est certain que le rendement théorique doit être très inférieur et c'est ce qui nous a arrêté nous-même dans la construction de ce dispositif augmenté d'une transmission électrique auquel nous avions songé il y a dix ans.

Nous ne voyons qu'un intérêt à la chose, c'est pour marcher vent debout dans un chenal étroit, où l'on ne peut tirer des bordées.

Donc, le bateau à voile a été véritablement le premier engin utilisant au profit de l'homme, la force du vent.

Il a été un incomparable instrument de civilisation et de progrès. Tour à tour les Égyptiens, les Phéniciens, les Grecs, plus tard, les Romains, y ont trouvé la source de leurs richesses, de leur puissance et de leur expansion coloniale et militaire.

Toute la civilisation méditerranéenne est le fruit de l'utilisation rationnelle de ce moyen de communication qui a marqué dans l'histoire de la civilisation humaine, un immense progrès.

Seule la création de la voie romaine dallée, véritable rail de l'antiquité a pu lui être comparé dans ses effets.

On s' imagine difficilement le perfectionnement auquel était parvenue la navigation maritime dans les derniers temps de la République romaine.

Un exemple pris au hasard parmi les faits de ces guerres puniques ne pouvaient se terminer que par la destruction d'un des adversaires, Rome ou Carthage, nous fera comprendre à quel point de développement avait atteint les marines opposées :

Le Consul Junius Pullus perdit une bataille navale aux environs de Drapani, aujourd'hui Trapani en Sicile, qui lui coûtait 800 vaisseaux de charge et 500 galères de combat. Quelques temps avant (256 avant J.-C., les 330 vaisseaux de Manlius Vulso et At. Regulus montés par 40 000 légionnaires rencontrèrent à Ecnome 350 vaisseaux carthaginois. Plus de 200 000 combattants s'affrontèrent.

Notre vieille mer Méditerranée (*mare nostrum*) si elle a vu depuis des flottes supérieures par le tonnage, n'en connut guère de plus fortes par le nombre des unités.

Quant à l'utilisation de la force du vent pour créer de l'énergie mécanique, a été bien plus tardive.

Toute l'antiquité a connu le terrible supplice de la meule à moudre le grain à laquelle on attelait impitoyablement pêle-mêle les criminels, les prisonniers de guerre ou les simples esclaves.

Ce n'est que beaucoup plus tard que les moulins à vent ont fait leur apparition, importés croit-on d'Orient, de Chine ou du Thibet.

Cette réalisation tardive tient à ce que nos pères ignorant la réaction d'une surface placée à 45° avec la direction du vent ne savait pas utiliser sa force.

En effet, dans le moulin à eau par exemple, la roue tourne dans deux fluides différents dirigés dans le sens du courant et les pales qui cessent d'être



UTILISATION DES COURANTS AÉRIENS PAR UN AVION SANS MOTEUR.

exposées à l'effort du courant d'eau reviennent à leur place en tournant dans l'air qui n'offre qu'une résistance bien moindre; c'est ce qui se produit quand le rameur, après avoir donné son coup d'aviron, sort sa rame de l'eau et la ramène vers l'avant de l'embarcation en la faisant marcher dans l'air.

L'aile du moulin à vent au contraire est toujours plongée dans un même fluide; l'action sur ses pales doit être continue; c'est en somme une véritable hélice et son principe, sinon sa construction, n'a subi aucun changement depuis les premiers temps de son invention.

C'est seulement dans les temps tout à fait modernes que l'on a songé à construire des roues ou turbines aériennes dont les pales mobiles s'effacent pendant le mouvement de remontée du courant aérien. C'est le principe des moulins à vent dits hollandais.

Comment marche une aile de moulin à vent? Elle se compose, nous le savons, de plusieurs pales qui sont des plans disposés en étoile autour d'un centre, comme les rayons d'une roue.

Ces plans, dont la face antérieure est exposée au vent (et non point la tranche comme dans le cas d'une roue hydraulique) font, avec la direction des filets du vent, un angle d'environ 45° .

Nous savons par les quelques notions d'aérodynamique que nous avons exposées à propos des avions que, dans ce cas, la force du vent fait reculer le plan de l'aile avec une vitesse et une force déterminées par la vitesse elle-même de l'air.

Done, les plans auront tendance à tourner toujours dans le même sens (puisqu'ils sont maintenus par un bord) du côté opposé à la face sur laquelle ils reçoivent la poussée de l'air.

Tout le perfectionnement moderne consiste à adapter la forme de ce plan pour obtenir une plus grande efficacité et à rendre leur orientation automatique de façon à capter toujours la même force en augmentant ou en diminuant l'inclinaison des ailes sur la ligne idéale représentant la direction du vent, en un mot, en faisant varier l'incidence des ailes.

Le moulin à vent dit « hollandais » marche de toute autre manière.

Il se compose d'une couronne en forme de roue disposée horizontalement et mobile autour d'un axe vertical.

Cette couronne porte des plans mobiles autour d'un axe également vertical placé à leur tiers antérieur.

Des taquets limitent le mouvement de ces plans dans une moitié de la course de la roue.

Sitôt que les plans ont dépassé le point culminant antérieur « au vent » et la roue continuant à tourner, ils reçoivent de plus en plus de vent jusqu'au moment où ils sont perpendiculaires à sa direction.

Ils continuent ensuite à en recevoir sur leur autre face, mais avec une poussée toujours dans le même sens jusqu'à l'extrémité du diamètre (opposé à celui que nous avons d'abord considéré).

A partir de ce moment-là, l'action des taquets étant supprimée, les plans s'orientent d'eux-mêmes dans la direction du lit du vent et n'offrent plus de résistance.

Nous voyons donc que la roue se divise en deux moitiés dont l'une porte

des plans exposés au vent tandis que l'autre porte des plans complètement effacés et se présentant par leur tranche. Dans ces conditions, on comprend que la roue tourne. Et le même phénomène se reproduisant sans cesse, le mouvement de rotation continuera tant que l'impulsion du vent sera suffisante.

Pourquoi les moulins à vent n'ont-ils pas reçu d'application motrice plus étendue, en dehors de celle qui leur a valu leur nom, c'est-à-dire des minoteries et des machines à moudre ou à piler, tels que martinets à poudre, moulins à papiers, pompes à eau, etc. C'est que, par définition, leur action est incon-



LE MOULIN A VENT DE NOS PÈRES.

Les ailes se présentent face au vent comme une hélice d'aéroplane.

stante et irrégulière, puisque leur agent moteur, le vent est lui-même capricieux et intermittent.

La vieille chanson de notre enfance en a gardé la trace pittoresque : « Meunier, tu dors, ton moulin va trop vite. » Quelquefois, en effet, le moulin allait trop vite, quelquefois, trop lentement ; mais, dans ce dernier cas, l'inconvénient était moindre, tandis que dans le cas de vitesse précipitée il y avait grand danger de rupture, sans compter que la pression du vent augmentant, il arrivait un certain moment où le meunier devait de toute urgence effacer ses ailes, c'est-à-dire les tourner de façon à ce que leurs tranches soient présentées au vent pour éviter que la tempête ne jette tout à bas.

On a essayé de parer à cette action intermittente en accumulant la force sous forme d'eau élevée par exemple. Dans ce cas, le moulin à vent pompait de l'eau dans un réservoir élevé quand il y avait du vent et cette eau ensuite pouvait servir à restituer un peu de la force qui avait été utilisée pour son pompage, en faisant mouvoir une roue ; mais comme nos pères ne connaissaient

pas de pompe à grand débit que, d'un autre côté, le coefficient de rendement de ces engins était vraiment trop faible et que cette solution exigeait la construction coûteuse de réservoirs de grande capacité, le développement du moulin comme générateur de force motrice en avait subi un grand retard.

LES TURBINES AÉRIENNES

Pour combler le déficit sans cesse croissant du combustible, puisque la France n'a pas eu la sagesse de s'assurer comme l'Angleterre la propriété de gisements pétrolifères, il est urgent de trouver une source abondante et bon marché de force motrice.

Nous disons bon marché et non gratuite car il n'y a point de force gratuite, même celles que la nature met libéralement à notre disposition nécessitent pour leur utilisation des frais souvent considérables.

Mais pour si considérables que soient ces frais, ils n'approchent pas du coût énorme du charbon. En 1923, pour les onze premiers mois, la France a dû importer 28 millions de tonnes de houille et déboursier 3 milliards 300 millions de francs; et lorsque l'on songe que les meilleures machines à vapeur ne rendent que 8 à 10 p. 100 en force de la chaleur fournie par la combustion de ce charbon, on voit quel gaspillage formidable d'argent occasionne cette source de chaleur et de force.

Ce à quoi l'on a pensé tout d'abord pour remplacer le charbon comme source d'énergie est la chute d'eau que l'on a appelée « la houille blanche. »

Il est certain que grâce à l'électricité et à l'utilisation de très hautes chutes, on a pu obtenir ainsi un nombre assez respectable de chevaux-vapeur, mais la chute d'eau présente de gros inconvénients.

Tout d'abord elle est saisonnière; pour qu'elle puisse rendre un service permanent, il faut toujours de grandes accumulations d'eau dans des barrages ou des lacs artificiels et cela n'est pas sans entraîner des frais énormes et occasionner un danger constant pour toutes les villes qui se trouvent en aval de la retenue d'eau. On vient d'en avoir un terrible exemple en Italie où la rupture d'un barrage de retenue à Lugano, fermant la haute vallée d'un affluent du Pô s'étant rompue, les millions de mètres cubes d'eau du lac artificiel ainsi formé, se répandirent dans la vallée, détruisant tout sur leur passage. Il y eut des centaines de morts et rien n'échappa au désastre : maisons, bestiaux, cultures furent anéantis.

Et puis il ne faut pas oublier que malgré tout le soin et toutes les précautions apportés à la construction il peut toujours survenir, soit des années de sécheresse exceptionnelle, soit au contraire des années de crues dépassant la moyenne; ces deux cas extrêmes immobilisent les turbines ce qui cause, par manque d'électricité, un tel trouble dans la vie moderne qu'il peut aller même jusqu'à l'arrêt complet de l'industrie et des transports.

Enfin, un inconvénient capital des barrages utilisant toute la vallée d'un fleuve ou d'une rivière de quelque importance, vient d'être mis en lumière tout récemment; c'est celui qui provient du dépôt des boues et des graviers dans la partie du bief où le courant est ralenti, ou diminué; même dans le cas



Cliché Office national des recherches d'inventions, Bellevue S.-et-O.

**« LE BOIS-ROSÉ ». CANOT D'EXPÉRIENCE POUR L'UTILISATION DU VENT
PAR TURBINE AÉRIENNE.**

Celle-ci est représentée par l'hélice en bois que l'on voit figurer en haut du mât. Elle transmet son mouvement à l'axe d'une transmission mécanique, à une hélice immergée, analogue à celle d'un canot automobile ou à vapeur. La grande qualité de cet engin est de s'élever au vent debout, sans tirer de bordées, ce qui lui permet d'embouquer une passe étroite, qui serait inaccessible à un voilier ordinaire. (Rapport Coustanteins, Dalloz et Jaessel.)

d'une dérivation partielle d'un fleuve comme celle qui est prévue à Genissat pour le Rhône, il est évident que l'ancien lit ne recevant qu'une faible quantité d'eau entre le barrage de prise d'eau (en amont) et le confluent du canal de fuite (en aval) aura tendance à s'obstruer. En effet, le Rhône charrie une énorme quantité de sables et de graviers qui engorgent son lit et que les crues périodiquement chassent vers la mer. A mesure que le courant diminue, en même temps que la pente, les galets, usés par le frottement deviennent plus petits et d'un déplacement plus facile par le courant; arrivés à l'embouchure, ils sont presque tous réduits à l'état de menus graviers, sables et boues; à ce moment, le courant, très faible, les dépose en grandes masses, et c'est ce qui produit les deltas et les bancs de sable des embouchures. Dans la partie haute du cours d'eau, l'ancien lit, après dérivation, ne recevra pas assez d'eau, craint-on, pour rouler les gros galets qui s'accumuleront, car on ne saurait songer vu leur énorme cubage sans cesse renouvelé, à les transporter mécaniquement ailleurs.

Ces dépôts, à force de colmater et de combler le fond de la vallée, finiront par l'obstruer et c'est là un inconvénient qui, paraît devoir à la longue rendre inutilisables non seulement, les grands barrages intéressant une vallée toute entière mais encore les dérivations importantes.

Les autres sources de force motrice ne sont pas très nombreuses et aucune ne peut à elle seule remplacer le charbon, combler le déficit qui nous accable et qui nous ruine.

On a beaucoup parlé du carburant national qui serait composé d'alcool extrait des plantes de notre sol, du grain et même de la cellulose.

Cet alcool serait mélangé avec des produits d'industrie tels que le benzol, tiré de la distillation de la houille ou naturels, tels que l'essence de térébenthine.

On a préconisé également le gazogène à charbon de bois — ou encore le gazogène alimenté au bois ou aux brindilles tel que celui qui fonctionne sur les camions et que l'on appelle le Vierzon — ou bien encore l'utilisation de la force colossale des marées, mais ce problème est loin d'être résolu; il nécessite des installations considérables et surtout des accumulations d'eau motrice ou d'énergie démesurées. Tant que l'on n'aura pas trouvé un accumulateur de force plus parfait que ceux qui existent, il sera difficile d'utiliser la force intermittente, croissante et décroissante des marées.

D'après la communication de M. Constantin à l'Académie des Sciences, on peut espérer que le vent viendra combler ce déficit grâce à l'utilisation d'une turbine aérienne absolument analogue, aux dimensions près, à une hélice d'avion.

Néanmoins, le problème reste entier de l'utilisation constante d'une source de force qui, par définition, est intermittente.

On y parviendra à l'aide d'accumulateurs mais, certes, ceux-ci ne seront point des accumulateurs électriques. Tout le monde sait combien ces engins sont délicats, fragiles, lourds, encombrants et d'un rendement défectueux.

Il faudra donc prévoir un autre organe de transformation et d'emmagasinement de l'énergie cinétique du vent.

Les turbines aériennes. — Pour transformer en énergie mécanique utilisable l'énergie cinétique du vent, l'organe aujourd'hui le mieux approprié — on n'en peut plus douter après les travaux de M. Lapresle au laboratoire Eiffel — est la turbine aérienne à deux pales.

A deux pales à cause des avantages suivants :

- 1^o Plus grande puissance;
- 2^o Plus grand rendement aérodynamique, c'est-à-dire moindre poussée;
- 3^o Plus grande vitesse de rotation, c'est-à-dire transmissions mécaniques de moindre poids;
- 4^o Plus faible prix de revient.

Le seul inconvénient, bien léger en l'occurrence, de cette turbine est son faible couple de démarrage. Nous verrons plus loin combien il est peu gênant et facile à annihiler.

La puissance mécanique de cet engin, exprimée en chevaux, est très facile à calculer; c'est pourquoi nous en donnons la formule ci-dessous :

$$P = 0,000\,267aV^3D^2$$

dans lequel a est le rapport de la densité de l'air utilisé (qui est variable avec la situation, l'altitude de la turbine, et le temps considéré) à celle de l'air du laboratoire, qui est supposée constante (air à 15° de température et à 760 millimètres de mercure de pression barométrique).

La vitesse V est celle du vent considérée (au cube) et le diamètre D de l'hélice (au carré); 0,000 267 est une constante.

Cette formule donne un résultat satisfaisant mais en pratique aérodynamique et grâce à la viscosité de l'air on a souvent remarqué que le rendement pratique s'améliorait avec l'accroissement des dimensions des engins d'utilisation.

Ainsi, par exemple, l'hélice du « Bois-Rosé », le canot d'expérience de M. Constantin dont nous avons parlé, qui avait 9 mètres de diamètre donnait un rendement un peu supérieur au rendement calculé; on peut donc espérer que pour des turbines de 30 à 40 mètres de diamètre, ces résultats seront dépassés.

De telles turbines donneraient au sommet du Mont-Ventoux, à 1 900 mètres d'altitude, où la densité de l'air n'est que les 83 p. 100 de cette même densité au niveau de la mer les résultats suivants :

Pour un vent de	Turbine de 3 m. de diamètre.	Turbine de 40 m. de diamètre.
6 m. : s.	43 chevaux	76,5 chevaux
10 —	200 —	356 —
14 —	546 —	972 —
21 —	1 840 —	5 275 —

Or, si l'on étudie les conditions météorologiques dans lesquelles s'est trouvé le Ventoux durant l'année 1913, année pour laquelle nous possédons des données complètes, on constate qu'il y a eu

106 jours de vent d'environ	10 m. : s.
63 — — —	14 —
50 — — —	21 —

En ne faisant état que des 219 jours, on peut calculer que la turbine de 40 mètres de diamètre pourrait fournir une puissance équivalente à une puissance continue à 710 chevaux.

Dans les mêmes conditions, une turbine de 50 mètres de diamètre arrivera à une puissance de 1 110 chevaux environ; or, sur le Mont-Ventoux, il y a place pour un grand nombre d'unités semblables.

Résistance mécanique des matériaux. Il faut tout d'abord considérer la force centrifuge; elle est considérable. Nous savons par l'exemple des hélices d'avion qui éclatent en vol, combien il peut être, dans certains cas, difficile de la vaincre.

Elle est représentée par le produit du carré du rayon de l'hélice ou de la turbine par le carré de la vitesse angulaire, ce qui, en pratique, revient au carré de la vitesse périphérique, ce qui veut dire de la vitesse de la partie la plus externe de la pale. On la figure généralement par le symbole $R^2\omega^2$.

Pour un bon rendement, il faut envisager des vitesses périphériques égales à six fois la vitesse du vent moteur; donc, si l'on prévoit un dispositif d'effacement qui présente la tranche de l'hélice au vent à partir d'une vitesse de 25 mètres-seconde, la vitesse périphérique ne dépassera pas 150 mètres-seconde, ce qui est acceptable étant donné que, couramment, les hélices d'avion d'un diamètre bien inférieur présentent une vitesse de 200 mètres-seconde.

Sans entrer dans le détail des calculs qui n'ont pas place ici, disons simplement que le travail à l'encastrement, calculé au niveau de l'axe de rotation, c'est-à-dire du moyeu de la turbine, est compris entre 1,6 kilogramme et 10 kilogrammes par millimètres carrés de section; de tels chiffres permettent l'utilisation d'un acier ordinaire, tout en se réservant un coefficient de sécurité encore bien suffisant.

Constatons tout d'abord que l'on doit autant que possible rejeter toute transmission et réduction de vitesse entre l'arbre de la turbine aérienne et la dynamo (tels que train d'engrenages, arbre à joints de Cardan, câbles, courroies, etc.). Non que les trains d'engrenages ne puissent être utilisés, puisque nous voyons dans les laminoirs, par exemple, et dans les réducteurs de vitesse des turbines marines, que l'on peut construire aujourd'hui de pareils engins de puissance vraiment considérable; mais il sera toujours préférable de monter directement la dynamo sur l'axe de la turbine; on peut même prévoir que cette dynamo sera enfermée dans un carter étanche profilé pour offrir la moindre résistance au vent et qui, montée sur un pivot, pourra tourner avec l'ensemble de l'appareil, ce qui rendra son orientation automatique.

Il faut noter également que la présence de ce corps fuselé au centre de la turbine, loin de gêner son fonctionnement l'améliorerait plutôt en canalisant les filets d'air.

Les vitesses de rotation pour des vents variant de 10 mètres-seconde à 25 mètres-seconde seraient comprises entre 28,5 et 71,5 tours par minute pour la turbine de 40 mètres de diamètre; aux puissances envisagées, ces vitesses sont très admissibles.

Il est bon, à ce propos, de remarquer que l'une des difficultés les plus ardues à résoudre dans la question des turbines aériennes est justement celle de ces variations d'intensité; elles sont proportionnelles au cube de la vitesse du vent,

c'est-à-dire qu'elles sont éminemment variables et que par conséquent le courant fourni par la dynamo directement animée par une pareille turbine, sera extrêmement variable.

Les premières seront facilement annihilées par la grande inertie des organes en jeu, en particulier par la grande masse en mouvement de la turbine qui, agissant à la manière d'un volant, aura tendance à régulariser le mouvement.

Quant aux variations lentes, un des premiers remèdes qui se présente à l'esprit est celui de grouper plusieurs sources d'égale force par des circuits d'interconnexion, la station réceptrice possédant un moyen de couplage et de découplage d'autant d'unités qu'il sera nécessaire. Le mécanisme de cette régulation du courant est très facile à comprendre et paraît parfaitement logique; comme chaque poste est d'établissement relativement facile et peu coûteux, on en installera un très grand nombre sur les points culminants des montagnes; un système que l'on peut même prévoir automatique, mettra en circuit un nombre plus ou moins grand de ces turbines suivant la force du vent et le besoin de courant. Ce système, utilisant un réseau spécial électrique à basse tension déclanchera dans chaque poste un relai local comme cela se produit actuellement dans nombre de petites centrales hydrauliques, où il n'y a personne, sauf à de longs intervalles pour visiter et entretenir le matériel et dont les vannes sont manœuvrées de très loin, à l'aide d'un courant électrique faible, qui, le plus souvent actionne un relai électrique local, lequel agit directement sur les vannes d'amenée de l'eau, et par conséquent sur l'intensité du courant électrique produit par les turbines que cette eau fait tourner. Pour les moulins à vent, les relais n'agiraient pas sur des vannes, mais manœuvreraient soit de simples commutateurs, soit des dispositifs plus compliqués d'effacement des ailes de la turbine aérienne.

Pour obtenir dans des conditions normales un courant constant, et comme cette source de force sera vraiment très peu coûteuse, rien n'empêche d'envisager cette solution du problème.

Rien qu'avec la manœuvre judicieuse d'une pareille organisation, il serait déjà possible d'obtenir dans le réseau d'utilisation (à condition bien entendu de disposer d'un grand nombre de turbines), une constance suffisante du courant; mais il faut compter avec les périodes vraiment dépourvues de tout vent et ce qui sera encore plus fréquent en particulier sur le Mont-Ventoux des périodes où la tempête obligera d'arrêter les turbines et de les braquer dans une direction parallèle au lit du vent.

Dans ces conditions, pour remplacer comme nous l'avons dit plus haut l'accumulateur électrique, il faudra avoir recours à un nouvel appareil qui, actuellement, fait ses preuves et qui gagne du terrain de jour en jour dans le domaine des applications pratiques; c'est le réservoir à vapeur sous pression, complété par une chaudière électrique.

Voici comment on peut concevoir l'installation du système :

Le courant provenant des dynamos ou des alternateurs directement accouplés aux arbres des turbines aériennes, est envoyé dans les chaudières au moyen de deux électrodes en charbon ou en métal qui baignent dans l'eau. Le courant d'ailleurs peut être alternatif, ce qui est intéressant, dans le cas où des alternateurs sont directement montés en place de dynamos sur les appareils générateurs.

La vapeur produite par le passage du courant dans l'eau de la chaudière est envoyée dans de grands réservoirs ou elle se comprime.

Ces réservoirs qui sont les accumulateurs proprement dits, se composent d'une enceinte en tôle d'acier à haute résistance, parfaitement isolée au point de vue thermique, c'est-à-dire qu'il leur est à peu près impossible d'échanger des calories dans le milieu extérieur où elles sont plongées, exactement comme la bouteille thermos que tout le monde connaît aujourd'hui.

Cet isolement est obtenu par une double enceinte dans laquelle on a fait le vide et des enveloppements divers composés d'ouate de verre, d'amiante, de cellulose ou de toutes autres espèces de corps calorifuges.

La vapeur ainsi comprimée dans ces accumulateurs où elle peut séjourner assez longtemps sans risques de perdre de son énergie par condensation, peut être utilisée directement dans un certain nombre d'industries, telles que brasseries, papeteries, teintureries, sucreries, etc., soit retransformée en énergie électrique à l'aide d'une turbine à vapeur et cette fois l'énergie électrique obtenue serait vraiment asservie et fidèlement obéissante.

Ainsi conçue, l'affaire serait très probablement rémunératrice si l'on songe que 4 kilowatts-heure utilisés dans une chaudière électrique donnent autant de vapeur et à la même pression que 1 kilogramme de charbon à 7 000 calories, ce qui fait qu'une unité turbo-motrice aérienne de 40 mètres de diamètre pourrait ainsi économiser dans son année 8 à 900 tonnes de charbon d'une richesse moyenne de 7 000 calories.

Il ne faut pas craindre que les chaudières électriques, dont les derniers échantillons construits témoignent d'un progrès constant, soient incapables de répondre à cet effort. On a vu de ces chaudières récemment construites aux États-Unis pour utiliser le courant des chutes du Niagara, être installées pour 100 kilog. de pression et, en France, des constructeurs annoncent des unités plus puissantes encore.

Cependant, malgré la souplesse de fonctionnement et l'excellent rendement des chaudières électriques jointes aux accumulateurs de vapeur, il est certain que dans une installation d'ensemble de turbines aériennes, elles seront seulement envisagées comme chaudières tampon, c'est-à-dire qui ne seront mises en service que lors d'un calme plat ou d'une tempête caractérisée.

A tous autres moments, il est probable que grâce aux lignes d'intercommunication, qui réuniraient plusieurs installations semblables à celle du Mont-Ventoux, la manœuvre des connexions suffirait à maintenir dans l'ensemble du réseau, un voltage constant, engroupant un plus grand nombre d'éléments quand le vent faiblit, en diminuant au contraire ce même nombre en cas de forte brise, en mettant en circuit un groupe fortement venté alors qu'un autre groupe est sous-venté pendant le même temps.

Il est bien entendu que ces groupes unitaires devraient être assez éloignés les uns des autres pour profiter de régimes météorologiques assez différents pour qu'il y ait compensation entre les minima et les maxima de leurs effets.

Nous avons parlé du Mont-Ventoux parce que, comme son nom l'indique, il occupe une situation privilégiée et que les jours sans vent y sont presque inconnus; mais bien d'autres régions existent qui répondent aux mêmes conditions, en particulier au bord de la mer et sur les hauts plateaux du Centre;

on éviterait seulement de placer des turbines au fond des vallées ou bien dans les lieux comme le Bassin Parisien où les vents sont relativement faibles.

Chacun de ces postes serait commandé d'un poste central et de manière à ce que l'on puisse envoyer le courant dans chaque unité pour faciliter le démarrage qui est, à cause de son faible couple, c'est-à-dire du faible effort produit par une turbine à son départ, un des rares inconvénients, sinon le seul, des systèmes préconisés.

L'orientation serait de préférence automatique ou, si elle était commandée, ce serait par des sous-stations disposées dans leur voisinage immédiat.

Le transport de force pourra être à tension ou à intensité variable.

Des régulateurs automatiques seront commandés à cet effet par le vent lui-même et il est superflu d'entrer dans le détail d'ailleurs fort simple de leur fonctionnement.

Dans un point choisi autant que possible à égale distance des différentes stations, se trouvera une usine de transformation où seront placés les groupes convertisseurs, les chaudières électriques et les accumulateurs dont nous avons parlé et, s'il y a lieu, les turbo-moteurs destinés à retransformer l'énergie des accumulateurs de vapeur en électricité, en cas de besoin.

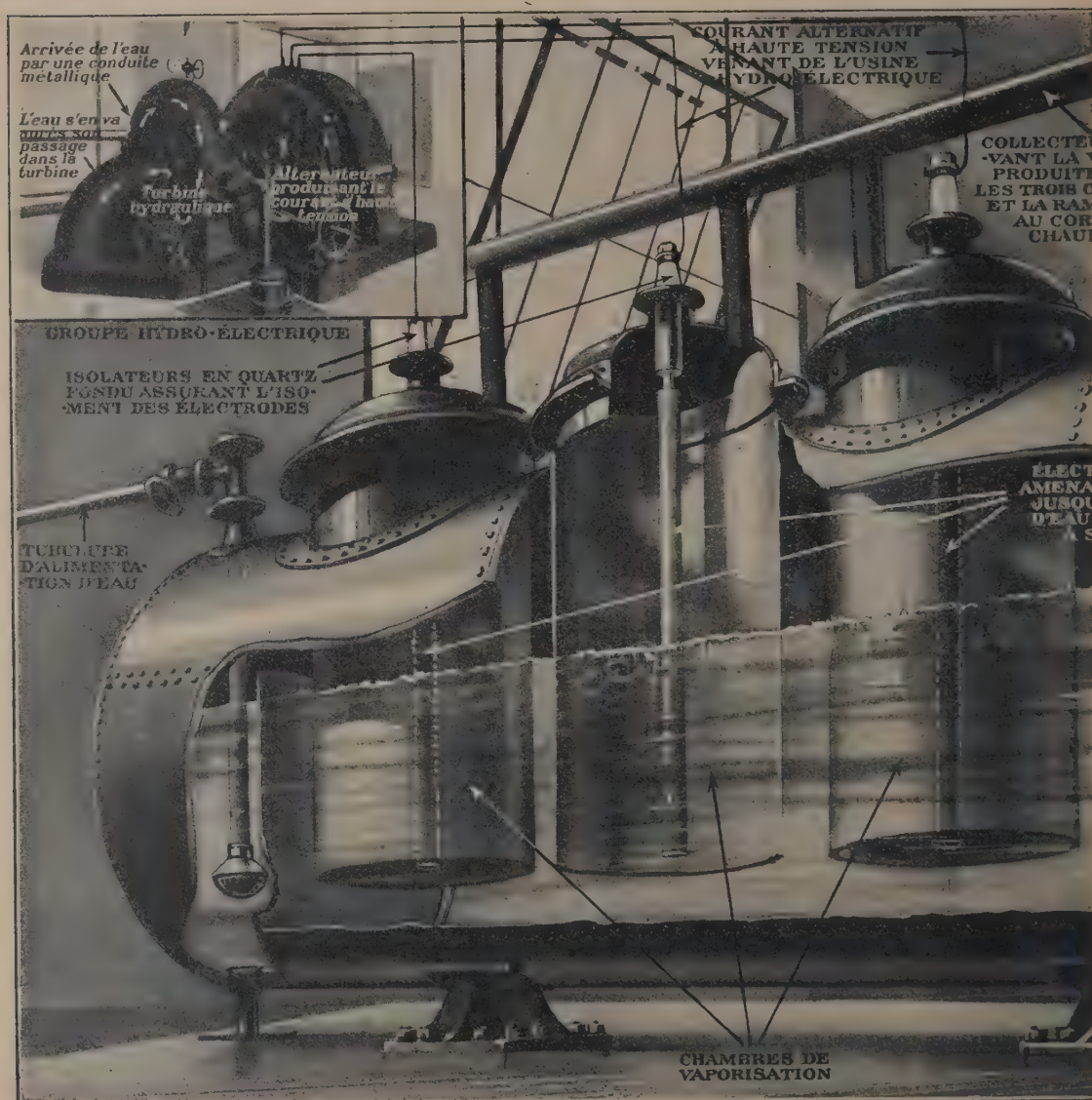
Une installation de ce genre suffisamment étendue et comprenant un nombre d'unités assez grand peut permettre de prévoir le moment où les centrales hydro-électriques ou thermiques n'interviendront plus que comme appoints dans les heures de pointe, c'est-à-dire au moment où la consommation d'électricité dépasse la production.

Pour conclure, disons que sans préjuger des résultats financiers de l'entreprise, car les données nous manquent pour apprécier le prix de revient du kilowatt-heure d'une telle installation, et M. Constantin ne nous donne pas les éléments suffisants pour le fixer, il est certain qu'en grande série la construction des pylônes de 25 mètres de haut et des turbines à deux pales capables de fournir presque 10 millions de chevaux-vapeur dans l'année (exactement 9 504 000), sans autre dépense que celle de l'entretien et de l'amortissement de ladite construction, nous paraît extrêmement intéressante. Et comme les quantités d'énergie cinétique qu'il sera possible de capter ainsi sont pratiquement illimitées, il est certain que l'utilisation industrielle des vents sera un événement de la plus haute importance pour la Nation qui, la première, en tentera en grand la réalisation.

« De toute manière cette idée est des plus séduisantes; elle présente ce caractère de grandeur et de simplicité, cet accord avec la logique, cette concordance avec les grandes lois naturelles qui est la marque de ces idées-forces destinées au plus bel avenir, au développement le plus fructueux et qui semblent capables de modifier la face de notre vieille France. »

Ce projet, avons-nous dit, est en complet accord avec la logique et en concordance avec les grandes lois de la Nature. En effet, de même que nous avons vu dans un autre chapitre que le soleil est la grande source de toute vie terrestre, nous voyons aujourd'hui qu'il en est aussi le grand moteur!

Nous savons déjà que c'est grâce à l'énergie répandue dans ses rayons que les plantes peuvent combiner les éléments simples mis à leur portée et élever ainsi l'énergie potentielle ou latente de la matière inanimée.



CHAUDIÈRES ACCOUPLÉES AVEC

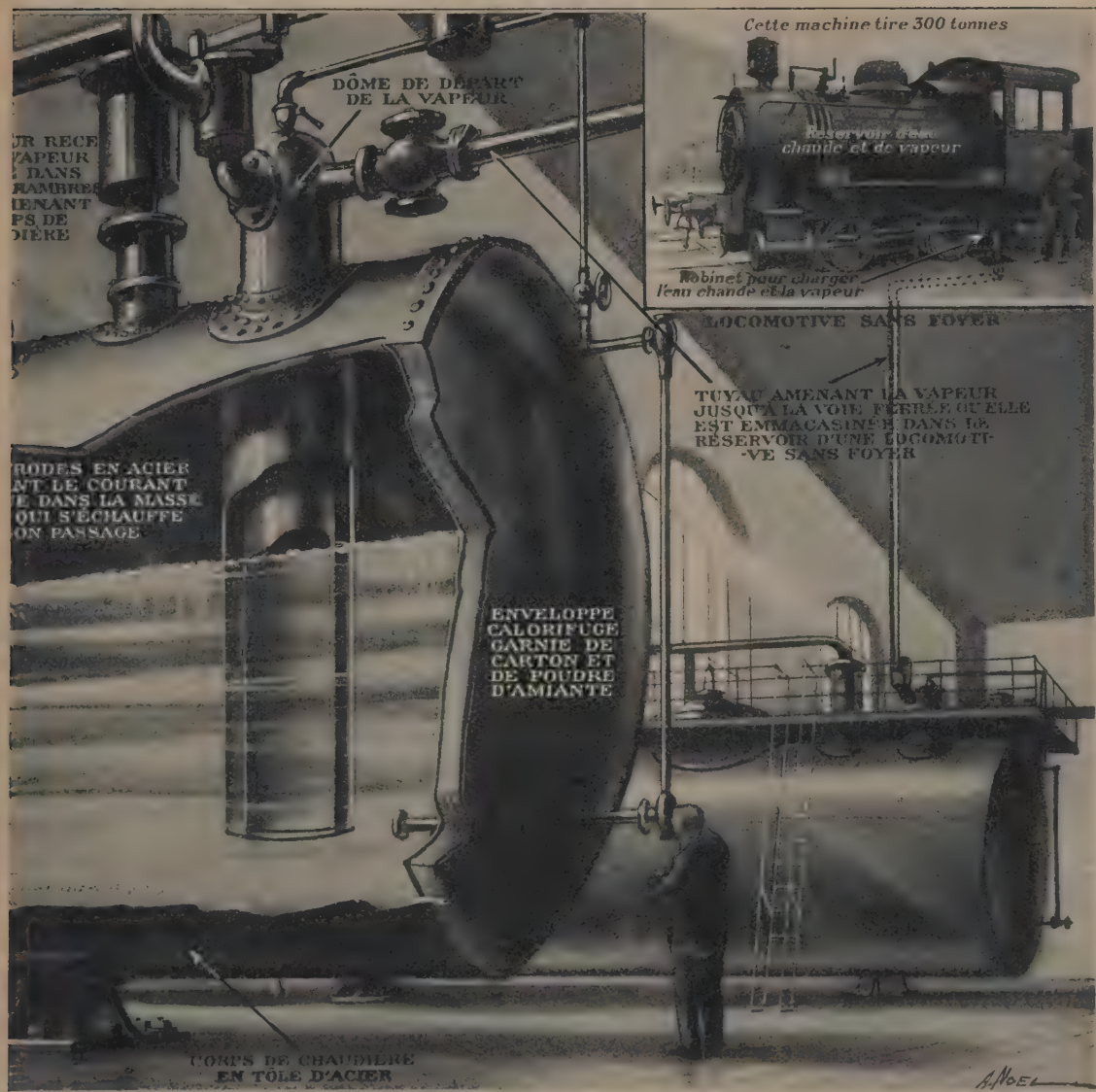
Dans la gravure suivante nous verrons le fonctionnement type d'une usine marémotrice pour capter la force inutilisée des marées, dont le fonctionnement est intermittent.

De même que pour les turbines aériennes, lesquelles fonctionnent sous l'impulsion du vent, il est nécessaire de prévoir des organes d'accumulation pour parer aux périodes pendant lesquelles les appareils générateurs sont forcément immobilisés (calme plat pour les moulins à vent, étale de basse ou de haute mer pour les marémoteurs).

Les accumulateurs électriques présentent de gros inconvénients, prix de revient, poids élevés, grand encombrement, fragilité, courts circuits possibles, etc., etc.

C'est pourquoi on a cherché et trouvé autre chose, en particulier les chaudières électriques accouplées avec des accumulateurs de vapeur. Le dessin ci-dessus représente ces deux organes (chaudière et accumulateur réunis dans le même appareil).

Quoi qu'il en soit, le fonctionnement est le même, que le générateur soit ou non séparé de l'accumulateur,

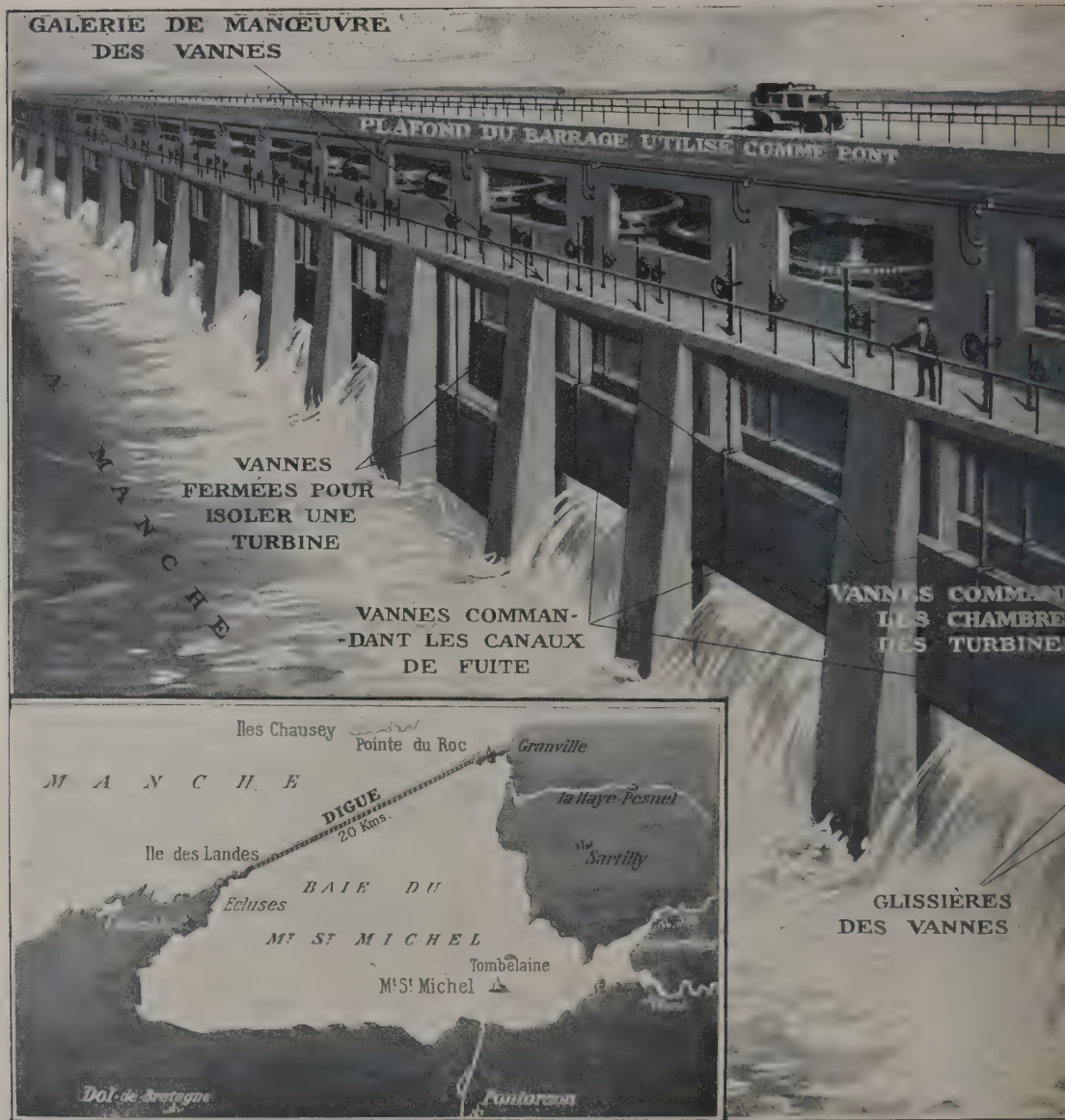


DES ACCUMULATEURS DE VAPEUR.

et voici comment les choses se passent. La vapeur est produite par le passage du courant électrique dans l'eau où il est amené par des électrodes en acier ou en charbon (graphite ou charbon des cornues). La vapeur ainsi obtenue est envoyée dans de grands réservoirs dont les parois sont soigneusement isolées au point de vue de la conductibilité de la chaleur.

Grâce à des dispositifs spéciaux analogues à ceux que l'on emploie dans les vases Dewar (bouteilles Thermos), c'est-à-dire une paroi vernie, une enceinte aussi vide d'air que possible, une autre paroi, entourée elle-même de plusieurs chemises de corps calorifuges, tels que l'ouate de verre, le feutre d'amiante, la cellulose, etc., etc., cet isolement thermique est très poussé, et la vapeur comprimée se conserve fort longtemps à la même température.

Il suffit alors, au moment de l'emploi de puiser la vapeur dans cet accumulateur comme on la prélèverait dans une chaudière ordinaire. Il y a en Amérique de tels engins, qui dépassent 100 atmosphères de pression interne.



UN AUTRE PROJET D'UTILISATION DES FO

Notre dessinateur a reproduit ici les principales caractéristiques d'un projet de captation de la force immense des marées, jusqu'ici inutilisées. On sait que la marée est ce mouvement de hausse et de baisse des eaux de l'Océan au rythme de deux par jour lunaire (le jour lunaire égale 24 heures 50 minutes de temps solaire). Depuis Newton, on admet que cette onde « d'intumescence » est due à l'attraction de la lune, corrigée par l'action solaire et les circonstances locales.

Elle est d'une amplitude extrêmement variable; presque insensible dans les mers fermées (comme la Méditerranée), elle présente dans les océans de nombreuses anomalies. C'est ainsi qu'elle est nulle au sud de l'Irlande à Wicklow, alors qu'à 150 kilomètres seulement de là, entre la côte et l'île de Man, chaque année produit une dénivelation d'environ 6 mètres.

Au Tonkin, à l'entrée d'Hàiphong et dans toute la baie d'Halong, il n'y a qu'une seule marée par 24 heures. Sans entrer dans le détail des théories de Whewell, d'après laquelle les marées prenant naissance dans les mers polaires du sud, se propageraient sous forme d'ondes suivant les méridiens (lignes cotidales ou celle, la



TURELLES. L'USINE MARÉMOTRICE DE L'AVENIR.

plus récente et la plus originale, de Wegener, qui fait état de cette conception que les continents flottent sur un fond demi-fluide, pour expliquer les anomalies des marées, et qui ne sauraient trouver place ici, disons seulement que dans le fond du golfe qui se creuse entre le Cotentin et les Côtes-du-Nord de la Bretagne, est la région des marées maxima en France. C'est par conséquent là que seraient édifiées les usines Marémotrices. De toute nécessité il faut prévoir, pour leur utilisation une vaste étendue d'eau séparée de l'Océan par une digue.

A marée montante, on profiterait du courant de remplissage de ce réservoir artificiel, et à marée basse, de son courant de vidange. Mais comme, pour avoir ce courant, il faut qu'il y ait un certain retard entre la montée de la mer d'une part et le remplissage du bassin et d'autre part, et, à marée descendante, entre celui-ci et le niveau de mer, comme, d'autre part la mer reste à l'état immobile un certain temps, les turbines et les alternateurs qu'elles entraînent fourniraient un service intermittent. C'est là le défaut capital de ces installations projetées.

Un exemple : une plante verte quelconque, terrestre ou aquatique, trouve à sa portée de l'eau, c'est-à-dire un corps qui est composé d'oxygène et d'hydrogène, qui est stable, qui ne peut se décomposer en donnant de la chaleur; il l'a donnée déjà cette chaleur, lors de sa composition alors que l'hydrogène, brûlant dans l'oxygène a formé l'eau; son énergie est dégradée! notre plante trouve encore dans l'air ou dans l'eau de l'acide carbonique (pour simplifier, tenons-nous-en à ces deux seuls corps, suffisants pour expliquer le phénomène) qui, lui aussi, est désormais inerte, ayant donné sa chaleur, quand il est né de la combustion du carbone dans l'oxygène!

Or, notre végétal, puisant, grâce à sa chlorophylle, l'énergie des rayons solaires, extrait le carbone de son composé, restitue l'oxygène, décompose l'eau, et de ces corps redevenus simples et chargés d'énergie, il recombine toute la série des produits végétaux, tous riches de l'énergie latente reconquise; désormais cette énergie est là, à notre disposition; nous pourrions consommer le sucre et l'amidon des plantes, et, les brûlant dans nos tissus, en faire de la chaleur animale et de la force; nous pourrions brûler le bois ou le charbon dans nos foyers et produire encore de la chaleur, de la force, de la lumière, en dissipant une seconde fois cette énergie que la plante, grâce au soleil, avait redonnée au charbon régénéré. Quand nous mettons une bûche au feu, c'est vraiment le soleil qui a présidé à la croissance du chêne ou du hêtre, qui chauffe, éclaire et pétille dans notre cheminée. Et si nous brûlons du pétrole et de la houille, c'est encore le soleil des anciens âges géologiques, dont l'énergie, si longtemps comprimée sous les roches et les terres, éclate et jaillit à nouveau!

C'est ce millénaire Soleil qui promenait sa face éblouissante sur les mornes forêts des premiers âges, alors que la vie exhubérante des végétaux primitifs s'implantait sur notre terre à peine refroidie, parmi les torrents d'une pluie chaude; des monstres que notre imagination ne peut concevoir rôdaient dans ces solitudes, des millénaires et des millénaires avant la naissance de l'Homme; c'est ce Soleil antique, père vigoureux dans toute sa verdeur et sa force, qui rugit dans nos machines, qui fond nos métaux, qui nous lance à des vitesses formidables sur terre et sur mer, et dont les ailes nous portent dans les cieux!

Il continue son œuvre tous les jours, sous nos yeux! Il accumule les neiges sur les montagnes, puis les fond, et du torrent qui en découle, l'homme fait sa chaleur et sa lumière!

Paradoxe apparent! On aurait bien étonné nos pères, en leur disant que de la neige et de la glace des montagnes on ferait de la lumière, de la chaleur, de la force! Et c'est pourtant ce qui arrive tous les jours, où la pauvre grange de l'indigent montagnard est éclairée à l'électricité et sa maison chauffée. Et cela encore c'est l'œuvre de notre Père le Soleil.





Cl. Harlingue.

LUNETTE ASTRONOMIQUE A FORT GROSSISSEMENT.

Cet appareil est en service à l'observatoire de Treptow, près de Berlin.

**LA LIMITE DES MONDES VISIBLES. — LES ANNÉES-LUMIÈRE.
— LA GUERRE DES MONDES DE WELLS ET LA THÉORIE
D'ARRHÉNIUS. — A QUELLE DISTANCE SONT LES ASTRES
LES PLUS LOINTAINS?**

JUSQU'OU s'étend le monde sidéral? En l'état actuel de la Science, et par les moyens dont nous disposons, comment déterminer les limites de l'Univers visible, non pas pour nos yeux seuls mais avec des procédés plus sensibles que la vue et que nous possédons actuellement? C'est une question à laquelle les astronomes américains s'intéressent fort et à laquelle ils peuvent mieux que d'autres répondre en raison de la transparence plus grande de l'atmosphère, dans laquelle ils opèrent et des instruments supérieurs qu'ils ont.

M. Shapley, l'un d'eux, vient d'évaluer la distance de l'amas d'étoiles 6822

du catalogue de Dreyer, amas qui constitue une véritable réduction de la grande nuée de Magellan.

Si l'on admet que les dimensions et la constitution même de ce fameux amas 6 822 soient les mêmes que celles de ladite constellation de Magellan, par des méthodes géométriques de détermination des parallaxes, on arriverait à conclure que ces étoiles 6 822 sont à la limite du monde visible.

Sans entrer dans des explications, qui, même simplifiées au point d'en perdre toute rigueur scientifique, sinon toute vérité, risqueraient de rebuter le lecteur, disons simplement que cette hypothèse n'est pas admise par tous les astronomes.

Quoi qu'il en soit, quelle unité pourrions-nous employer pour définir et apprécier de telles distances, de l'ordre de celles qui séparent notre imperceptible planète, la Terre, de l'étoile, même la plus voisine?

Sera-ce notre infime kilomètre, déjà long à nos jambes « de microbe », voire à notre courte vue? Ce serait vouloir mesurer notre Terre avec la millionième partie d'un cent-milliardième de millimètre, ou quelque chose d'approchant, à quelques milliards de milliards d'unités près.

Il faut donc trouver quelque chose de plus grand, mais concevable tout de même à notre esprit.

Pour les relations entre voisins (tout est relatif), c'est-à-dire pour apprécier les distances entre la Terre et son satellite immédiat, la Lune, qui est, autant dire, à nous toucher, on peut, à la rigueur utiliser, comme millimètre, d'abord le diamètre terrestre, puis unité déjà plus considérable, les axes de l'orbite elliptique que nous parcourons en un an, autour du Soleil.

Mais tout ceci n'est applicable qu'à notre système solaire, lequel, avec notre Soleil au centre, et les autres planètes, nos sœurs, qui tournent autour de lui, n'est qu'un atome infime dans l'immensité des mondes. Et nous avons vu, dans un précédent chapitre, combien est juste cette expression d'atome, puisque l'atome véritable, sur terre, c'est-à-dire la plus petite partie de la plus subtile matière que nous puissions concevoir est justement une véritable réduction, à une invraisemblable, inexprimable et même inconcevable petitesse, de notre système solaire, avec son soleil, le noyau, autour duquel tournent, en nombre variable, les électrons qui sont les véritables planètes de ce système atomique sidéral!

Ces données peuvent paraître arides, difficiles à se représenter, incroyables même; il n'est plus permis à tout homme ayant quelque culture de les ignorer, car, avec une rapidité qui étonne le savant lui-même, nous voyons des notions, hier encore invérifiables hypothèses des philosophes, qui ont pénétré dans le laboratoire du savant, pour entrer aujourd'hui dans l'usine de l'industriel, et demain dans la vie quotidienne de tout le monde!

Que l'on ne se récrie point : la radio-activité étend tous les jours son domaine et la télégraphie sans fil, aux millions d'adeptes (pour ne citer que ces deux nouveautés appliquant les propriétés des électrons), est en train de modifier avec une stupéfaite rapidité les conditions de la vie terrestre! Certains ne vont-ils pas jusqu'à dire, de la vie interplanétaire!

Ceci dit, revenons-en, à notre unité cosmique, à notre mètre à mesurer l'univers stellaire.



TÉLESCOPE.

Cet appareil, très puissant, se compose d'un système de miroirs convergent et divergent, et d'un oculaire. Dans notre photographie, le télescope est muni d'un spectroscope et d'une chambre noire permettant de photographier les spectres des étoiles et par là d'en connaître la composition ainsi qu'il est expliqué dans le texte.

Cette unité devra dériver, à l'origine de quelque chose de concret et de suffisamment petit pour être accessible à notre esprit, mais il faudra en assembler, de ces quelques choses de petit, un nombre suffisant pour constituer une unité maniable et suffisamment grande pour que nous n'ayons pas à formuler des nombres tellement énormes que cela constitue une impossibilité d'emploi.

L'unité trouvée, il conviendra de lui donner des multiples. Le problème n'était pas simple; faute de cette mesure, les hommes vécurent des siècles et des millénaires dans l'ignorance des réalités célestes, en proie aux plus grossières erreurs!

Ce n'est que récemment, au siècle dernier, que physiciens et astronomes ont pu résoudre le problème de l'unité de mesure des distances sidérales; cette mesure est dérivée de la vitesse de la lumière.

Il serait trop long et trop ardu d'expliquer comment, grâce à la découverte de ces ondes lumineuses dont nous avons parlé dans notre chapitre des vibrations universelles, et en observant les franges d'interférences produites par ces ondes, on a pu mesurer la vitesse de propagation de la lumière; celle-ci fut trouvée égale à 300 000 kilomètres à la seconde. Ses deux éléments, le kilomètre et la seconde, accessibles à nos sens, nous sont même familiers; leur réunion seule nous déroute un peu.

Quoi qu'il en soit, nous voici en possession d'une unité; elle est encore bien petite: nous pouvons l'amplifier grâce à ses multiples: la lumière-seconde est inutilisable; la lumière-minute, 60 fois plus grande l'est déjà moins; il y en a 18 dans la distance de la Terre au Soleil, ce qui revient à dire que la lumière de notre astre royal met dix-huit minutes à nous parvenir, mais nous sommes encore chez nous.

Pour en sortir, et arriver aux premières étoiles, nous devons compter par années-lumière, c'est-à-dire par le chemin parcouru par un rayon lumineux pendant une année, à raison de 300 000 kilomètres à la seconde!

Eh bien, cette unité formidable va se montrer encore trop courte pour certaines distances, ou tout au moins, exige d'être employée en grand nombre.

Et c'est ainsi que nous revenons aux travaux des astronomes américains, et en particulier de ceux de M. Shapley, pour justifier le titre de notre chapitre.

M. Shapley, en effet a déduit des calculs et des observations, que nous avons rappelés plus haut, que l'amas d'étoiles numéro 6822 est situé à un million d'années-lumière de nous.

Disons tout de suite que tous les astronomes n'admettent pas ce chiffre fabuleux: M. Pierre Salet, en particulier, fait remarquer qu'il n'est pas tenu compte de l'absorption de la lumière par les milieux sidéraux et qu'en admettant une concentration pourtant bien faible d'une parcelle de matière par million de mètres cubes d'espace céleste, ce qui est bien voisin du vide absolu, la distance réelle au delà de laquelle nous ne pourrions rien apercevoir est de 10 000 années-lumière seulement!

Seulement! c'est déjà quelque chose d'appréciable, cependant, si l'on songe que notre œil, si petit, à nous homoncules infinitésimaux, sur cette terre minuscule, dans notre système solaire atomique, arrive, même avec le secours de puissants instruments, à porter si loin!

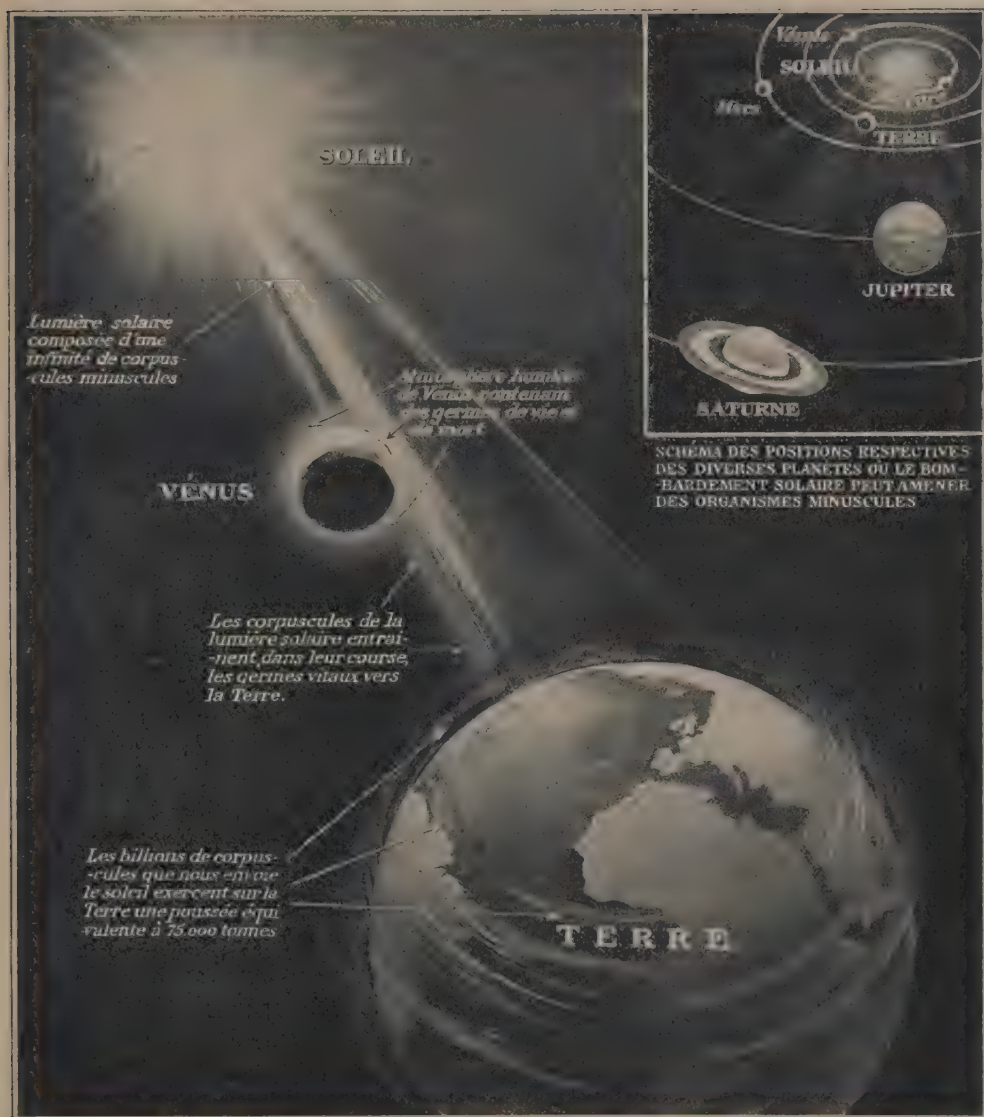


FIGURE THÉORIQUE EXPLIQUANT D'APRÈS LA THÉORIE D'ARRHÉNIUS LE TRANSPORT POSSIBLE DES GERMES INTERSTELLAIRES SUR LA TERRE ET LES AUTRES PLANÈTES.

Une considération troublante nous vient inmanquablement à l'esprit! Ces astres que nous voyons briller dans le ciel, y sont-ils réellement?

Ou bien sont-ils éteints, morts, retournés au néant depuis des milliers de millénaires, depuis, avant même que notre espèce humaine soit apparue sur notre gouttelette de boue, la Terre, et peut-être avant même que cette terre elle-même soit née?

Continuent-ils de briller, échauffant, éclairant, donnant la vie à tout un cortège de planètes déjà refroidies, comme notre soleil le fait pour notre terre, ou bien, ayant émis un brillant cortège de rayons, qui continuent de cheminer

dans l'espace, comme de splendides messagers, se sont-ils abîmés dans le néant, tels des rois, qui dans leur superbe, ayant dépêché des ambassadeurs chamarrés et arrogants, meurent et disparaissent, tandis que ceux-ci continuent leur voyage! Ces astres morts ont-ils semé dans l'espace, avant de mourir, en même temps que leurs rayons, des germes de vie? C'est l'hypothèse d'Arrhénius.

On sait que ce très grand savant danois, déjà titulaire du prix Nobel, prétend que des êtres simples, mais vivants, extrêmement petits, sortes de spores rudimentaires, pourraient cheminer d'astre en astre et peupler ainsi les solitudes célestes.

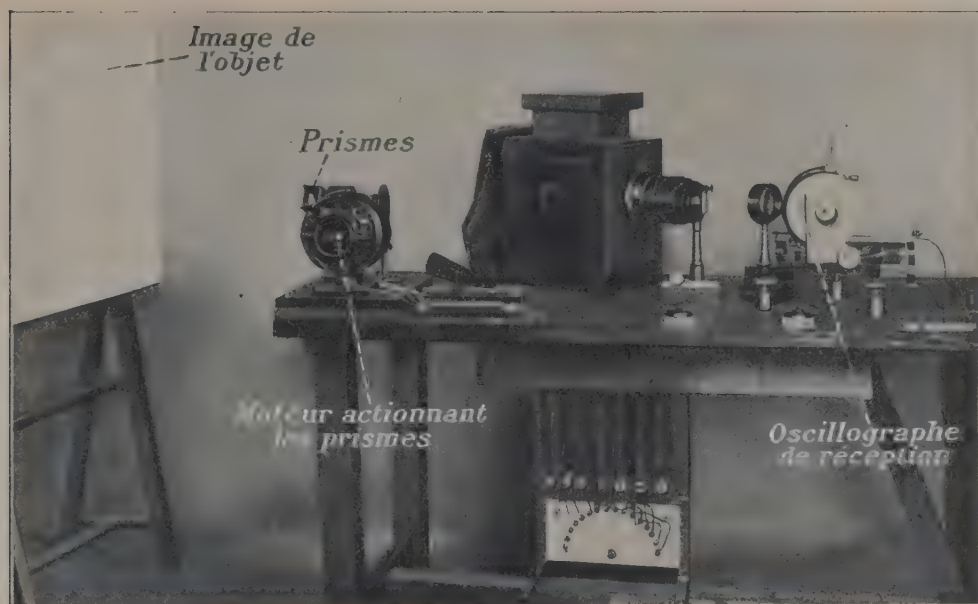
Des bancs, des amas de ces spores, en état de vie simplifiée et ralentie existeraient dans les espaces interplanétaires, poussés par les radiations solaires ils pourraient tomber sur les planètes et s'accommodant des conditions favorables qui y règnent se développeraient progressivement jusqu'à former ces merveilles de vie compliquée et fragile qui sont les végétaux supérieurs, les animaux et l'homme lui-même.

Chaque astre pourrait ainsi avoir sa population, totalement différente de l'un à l'autre, vivant dans les glaces ou dans le feu, vivant même sans eau, d'une manière qui nous est absolument inconnaissable.

Il y a quelques années, telle hypothèse eût paru insoutenable, quand ce ne serait qu'à cause de la température extraordinairement basse des espaces interstidéraux, 273° au-dessous de zéro, c'est-à-dire au zéro absolu, où tous les gaz terrestres sont liquéfiés ou solidifiés.

Or, on vient de faire au fameux laboratoire du froid, à Leyde, en Hollande, le mieux outillé du monde pour l'étude des basses températures, une stupéfiante constatation : des graines végétales, qui sont des êtres vivants d'une organisation déjà très complexe, maintenues dans un bain d'hélium liquide, à quelques degrés du zéro absolu, n'ont pas été tuées, et doucement ramenées à la température ambiante, ont germé et donné naissance à de belles plantes. Et pourtant, nous le répétons, il s'agit là d'êtres vivants relativement fragiles, très compliqués et bien différents des espèces de monères, de ces sortes de spores qu'Arrhénius imagine peupler l'espace vide et susceptibles d'utiliser pour développer la vie des conditions que nous, êtres terriens, composés de corps surtout gazeux assemblés sous forme d'eau (oxygène et hydrogène), d'azote, de carbone et de quelques autres éléments abondants à la surface de la terre nous ne pouvons imaginer, mais rien ne nous permet de conclure qu'il n'en pourrait pas être autrement, et qu'un jour, n'arriveront pas sur notre planète des germes organisés tout différemment et qui nous évinceront de notre domaine, tous tant que nous sommes, protozoaires, zoophytes, plantes, animaux et nous-même, Seigneurs tout-puissants de ce domaine!

Peut-être que nos descendants se verront un jour acculés à la lutte pour la vie contre des êtres, qui, pour n'être en rien semblables aux Martiens de Wells, n'en seront pas moins redoutables. Déjà nous voyons les infimes et malfaisants microbes, sans rayon ardent, et sans armure, réduire beaucoup des nôtres *a quia* et faire sans tambour ni trompette guerrière, plus de blessés et plus de morts que la plus sanglante des guerres!



L'APPAREIL DE DÉMONSTRATION DU PRINCIPE DE LA TÉLÉVISION, CONSTRUIT PAR M. BELIN.

LA TÉLÉVISION

L ne faut pas confondre télétaugraphie et télévision. L'une se propose de transmettre à distance des images animées ou tout au moins de créer au poste récepteur une illusion d'images réelles en mouvement ainsi que le fait le cinéma (bien qu'il n'y ait pas de rapport, comme nous le verrons entre les deux appareils) et l'autre se propose plus modestement de reproduire au poste récepteur sur un écran, une image immobile : photographie, dessin, écriture, etc. La télétaugraphie est entrée d'ailleurs dans le domaine de réalisation pratique et est d'un emploi sinon très répandu, tout au moins journalier et sans cesse en voie d'accroissement.

Nous verrons plus tard, en détail, le fonctionnement des postes télétaugraphiques-transmetteurs et récepteurs en usage dans le service des Postes, en France.

Maintenant nous allons étudier, suivant les indications de M. l'ingénieur Belin, le savant bien connu qui se consacre à l'étude de ce problème, où en est sa solution.

Depuis longtemps déjà (à la fin du ^{xix}^e siècle et au commencement de celui-ci, depuis quelque trente-cinq ans environ) la question est à l'ordre du jour et bien des solutions ont été proposées, lesquelles, basées sur des données théoriquement exactes se sont toujours heurtées dans la pratique à des écueils dont nous verrons plus loin les causes.

Le principe commun à presque tous les projets d'appareils antérieurs était la variation de conductibilité électrique du sélénium, qui, on le sait, conduit d'autant mieux l'électricité qu'il est plus éclairé.

Voyons le principe général le plus communément employé et pour en faciliter la compréhension, étudions d'abord le système dit multifil qui comprenait autant de circuits distincts que de cellules de sélénium, ce qui amenait une complication énorme, non seulement à cause du grand nombre de fils conducteurs, mais encore de leur réaction les uns sur les autres, par induction.

Et tout d'abord rappelons que toute image perceptible à l'œil nu peut être, en définitive, décomposée en un grand nombre de points dont l'éclairement peut varier du noir au blanc, en passant par toute la gamme des gris ou des clairs-obscur. C'est sur ce principe qu'est basée la reproduction des images en photogravure et en phototypie. Pour cela l'image à reproduire est divisée en une infinité de petits carrés à l'aide d'une trame extrêmement fine et chacun de ces carrés est plus ou moins creusé par l'acide selon qu'il est plus ou moins impressionné à la lumière et par conséquent prend plus ou moins d'encre lors de l'impression. On a ainsi une succession de points noirs plus ou moins serrés suivant la teinte plus ou moins foncée de l'image à reproduire et cela donne l'illusion complète du modelé, car l'œil incapable de saisir dans le détail cette sorte de ponctuation serrée n'en reçoit qu'une impression d'ensemble et donne de lui-même le fondu nécessaire. C'est une illusion du même genre que les graveurs font naître, à l'aide de fines hachures plus ou moins serrées, qui donnent l'impression de teintes unies.

Un phénomène du même ordre se retrouve aussi dans les procédés de peinture qui ont eu tant de succès il y a quelques années avec Henri Martin et l'École impressionniste.

Les peintres de cette École, au lieu d'étaler leurs couleurs en larges touches, soigneusement mêlées sur leur palette, se contentaient d'appliquer des points multicolores très fins qui, de près, faisaient ressembler leurs tableaux à une multitude de confettis collés les uns à côté des autres mais qui, d'une certaine distance, prenaient un « relief », un « fondu », un « modelé » absolument remarquables.

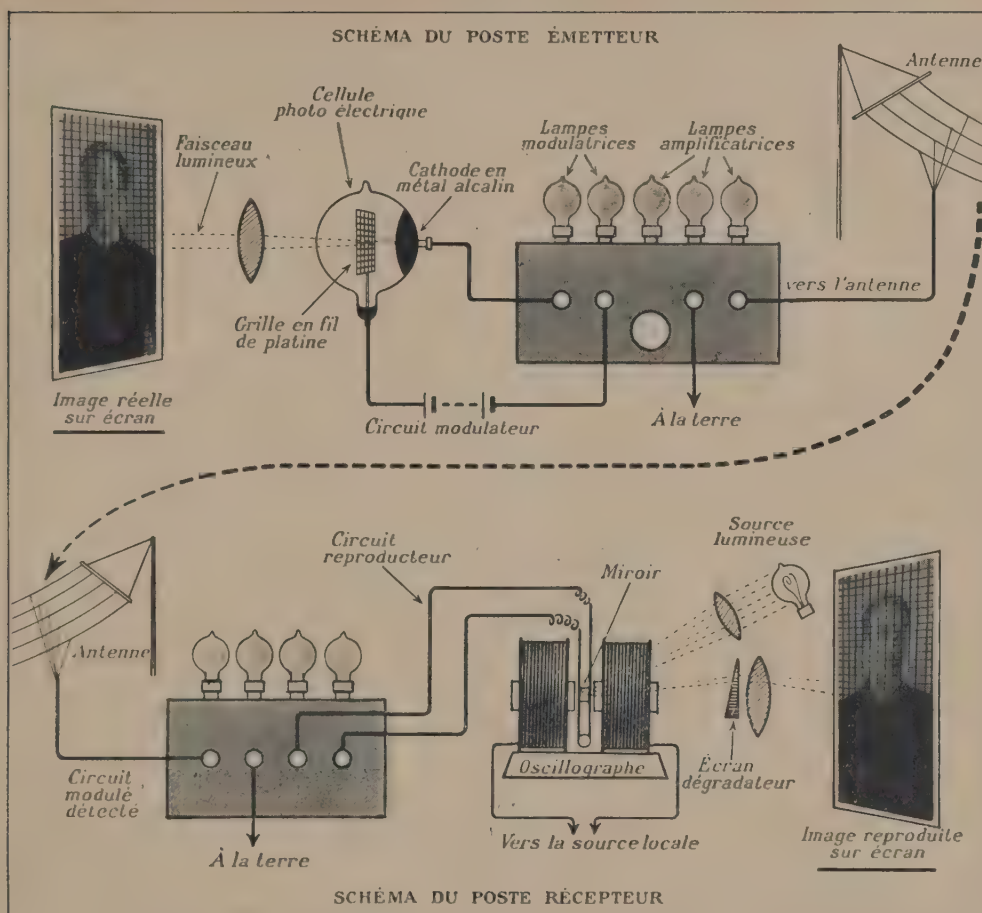
Les pointillistes ont poussé cette technique encore plus loin que les impressionnistes et en sont arrivés à supprimer complètement le dessin.

Nous voyons encore les cubistes, bien que leur technique soit tout à fait différente, appliquer cependant quelquefois ce procédé à larges touches dont le contact et le contraste donne l'impression voulue par l'artiste.

Un autre principe employé en télévision est celui de la persistance de l'impression rétinienne: on appelle ainsi la faculté que possède la membrane sensible du fond de l'œil et qu'on appelle la rétine, de garder pendant une fraction appréciable de seconde (variable d'ailleurs, mais qui est de l'ordre du dixième de seconde) toute impression lumineuse.

C'est grâce à cette faculté que les images successives d'un film cinématographique donnent la sensation d'un mouvement continu alors qu'en réalité elles ne sont qu'une suite saccadée d'images immobiles d'un même objet à différentes périodes d'un mouvement, séparées par de très courts intervalles d'obscurité.

Ceci exposé, voyons brièvement quelles étaient les solutions antérieurement proposées pour réaliser la télévision.



SCHEMA TRÈS SIMPLIFIÉ DES APPAREILS DE TÉLÉVISION.

D'une manière générale, on peut décrire les différents systèmes dans ce qu'ils ont d'essentiel et, le plus souvent de commun.

Étudions d'abord la solution la plus simple et qui comporte, comme nous l'avons dit, un grand nombre de circuits électriques: nous verrons ensuite le perfectionnement de ce premier procédé qui n'utilise plus qu'un seul circuit.

Dans le premier cas, l'appareil transformateur se compose essentiellement d'une chambre noire comme une chambre photographique ordinaire au plan focal de laquelle se trouve un quadrillage, une sorte de damier dont les cases sont aussi petites qu'il est nécessaire pour obtenir une division très grande de l'image à transmettre (ce qui d'ailleurs complique d'autant les circuits électriques de transmission dont nous avons parlé: chacune des cases de ces damiers est occupée par une cellule de sélénium).

Nous savons que ce métalloïde solide, présentant quelque analogie avec le soufre, est d'autant plus conducteur de l'électricité qu'il est mieux éclairé.

Il y a peu de temps encore, la découverte de cette propriété avait fort surpris les savants qui n'avaient pas su trouver une explication plausible de

ce phénomène. Aujourd'hui on en conçoit mieux l'intimité. Nous avons vu en effet, dans le chapitre consacré à la composition de la matière, que celle-ci était en somme formée d'atomes qui sont de petits systèmes solaires en miniature; il n'est point surprenant que les radiations lumineuses qui transportent de l'énergie soient capables d'influencer les mouvements des particules ou électrons sur leurs orbites superficiels et par conséquent de changer les caractéristiques physiques d'un corps.

Quoi qu'il en soit, l'essentiel d'un poste transmetteur était donc un damier recevant au fond d'une chambre noire l'image à transmettre et chaque case du damier était une lame de sélénium intercalée dans un circuit. Voyons maintenant comment était construit le poste récepteur.

A chaque cellule de sélénium (simultanément dans le cas d'un « multifil » ou successivement dans le cas d'un monofil), chacune des cases du damier transmetteur était mise en relation avec une sorte de galvanomètre extrêmement sensible composé généralement d'un fil de quartz tendu dans l'entrefer d'un électro-aimant et portant un imperceptible miroir fait d'une paillette de mica argenté.

Chacune de ces paillettes formait une sorte de volet qui interceptait le flux lumineux d'une source locale, avec plus ou moins d'intensité suivant le courant électrique qui animait le galvanomètre.

Voici, en deux mots, comment fonctionnait ce poste :

Chaque point de l'image au plan focal de l'appareil transmetteur déterminait, grâce à la présence du sélénium, un courant plus ou moins intense dans le galvanomètre-récepteur auquel il était relié par un fil. Ce galvanomètre — suivant qu'il était plus ou moins excité et laissant passer plus ou moins de lumière vers un écran, formé d'une glace dépolie — reproduisait tous les damiers du poste transmetteur avec leur éclaircissement propre, et l'on comprend ainsi que par une succession de points clairs et de points obscurs ou clairs obscurs, c'est-à-dire blancs, noirs ou gris, l'image du poste transmetteur était reproduite au poste récepteur.

Mais la multiplicité des fils que comporte une pareille installation est un empêchement à toute réalisation, non seulement à cause de la terrible complication des circuits, de leur coût d'établissement très élevé, mais encore de leur action perturbatrice réciproque les uns sur les autres.

Tout le monde sait aujourd'hui que tout courant circulant dans un fil détermine dans un fil voisin un courant induit de sens contraire, et que dans le fil lui-même à la rupture d'un courant, il se produit un courant de sens inverse; c'est ce qu'on appelle la self-induction.

Pour toutes ces raisons, les fils voisins étaient parcourus par une foule de courants parasites qui perturbaient l'action si délicate des galvanomètres récepteurs. On essaya donc d'un système monofil.

Deux solutions pouvaient être envisagées : dans l'une toutes les cellules de sélénium du damier, dont nous avons parlé précédemment, étaient mises successivement en circuit par un distributeur mécanique ou électrique, et dans le second cas l'organe de réception était une cellule unique et les variations de courant étaient transmises successivement à tous les galvanomètres récepteurs ou à un seul galvanomètre récepteur, auquel cas c'était le pinceau lumi-

neux qui occupait successivement toutes les cases de l'écran ou de la glace dépolie de l'appareil récepteur.

C'est cette dernière solution qui a prévalu dans les appareils modernes ainsi que nous le verrons plus loin.

Mais si la solution théorique du problème de la télévision ne présentait pas de difficultés même avec des connaissances scientifiques d'il y a quelques années, sa réalisation pratique était tout simplement impossible car si, en pure abstraction, les phénomènes devaient se passer ainsi qu'il a été dit, en pratique, une foule de facteurs de perturbation intervenaient, qui empêchaient toute réalisation.

Et tout d'abord il fallait tenir compte des inerties; nous mettons à dessein ce mot au pluriel car il s'agissait de l'inertie physique des organes mécaniques des appareils qui s'opposaient à la mise en jeu instantanée des organes divers; il s'agissait encore de l'inertie électrique des conducteurs qui, ainsi que nous l'avons vu, empêche ceux-ci de répondre instantanément à une excitation et surtout les empêche de cesser toute action aussitôt le courant interrompu (de même qu'un pendule s'arrête progressivement après que toute impulsion a cessé).

Il s'agit surtout de l'inertie électrique du sélénium qui est un agent infidèle, capricieux et qui répond rarement de même façon à des excitations identiques, et surtout ne répond pas instantanément.

En mettant les choses au mieux, ce sélénium manquait de sensibilité et n'avait jamais une action semblable à elle-même; l'organe de réception lui-même, le galvanomètre, actionnant le petit volet obturateur qui réglait l'admission de la lumière sur l'écran récepteur était influencé par les courants parasites et ne répondait pas toujours de la même façon à la même excitation, d'où une ouverture plus ou moins grande des obturateurs amenant un terrible brouillage de l'image reçue.

Déjà, en 1905, M. Belin ayant réussi à enregistrer presque instantanément à 450 kilomètres de distance les variations d'éclats d'une source lumineuse, crut toucher au but et construisit un appareil définitif qui, avoue-t-il, n'a jamais donné le moindre tracé.

Maintenant, les progrès de la science ont enfin éliminé ces impossibilités et



MONSIEUR BÉLIN.

*Inventeur des appareils de Télévision et du
Télétaugraphe dont nous parlons plus loin.*

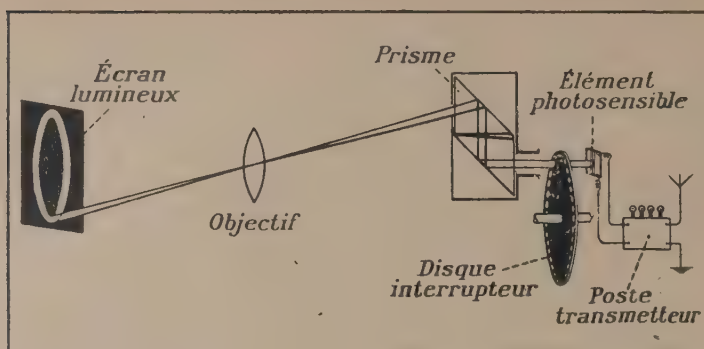


SCHÉMA DU TRAJET DES RAYONS LUMINEUX
DANS LA FAMEUSE EXPÉRIENCE PUBLIQUE DU TROCADÉRO.

c'est là un exemple de l'appui mutuel que se prêtent toutes les sciences et un exemple frappant de l'influence que peut avoir une découverte très spéciale dans un domaine particulier sur d'autres questions qui, à première vue, en semblaient totalement distinctes.

Mais avant d'en étudier le fonctionnement prochain — car à l'instant où nous écrivons ces lignes, le problème n'est pas encore pratiquement résolu, mais sa solution seulement entrevue — disons un mot de ce qu'est exactement la télévision, telle qu'on la conçoit maintenant et qu'on s'efforce de la réaliser.

Bien des gens la confondent avec une sorte de cinéma reproduisant au poste récepteur des vues inanimées expédiées par un poste transmetteur; il n'en est rien; le cinéma est une chose morte, c'est du passé, c'est une succession d'images inertes auxquelles une illusion d'optique prête, pour quelques secondes, l'apparence de la vie; tandis que la télévision est quelque chose de vivant, de présent, est véritablement la vie instantanée et fugace!

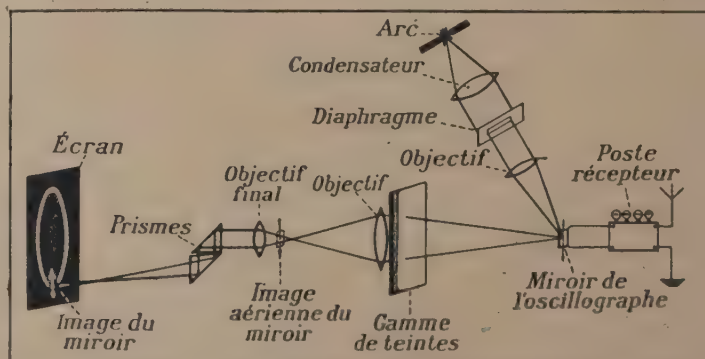
Nous avons constaté, que, en dehors de toute impossibilité théorique, la télévision était irréalisable par les imperfections mêmes des organes qui devaient concourir à sa réalisation, il y a seulement quelques années.

Nous allons voir en effet l'ordre de grandeur des fréquences de mouvement qu'elle exige et cela nous démontrera la radicale impuissance de tous les agents anciens auxquels on s'était arrêté, tant optiques que mécaniques ou électriques.

Le sélénium est dépassé, le conducteur métallique lui-même dérouté par la rapidité des excitations.

En effet, supposons un instant que le téléviseur (on devrait dire proprement le télescope si ce mot n'était déjà employé pour désigner une chose différente) est construit et qu'il fonctionne.

Placé devant



LA GRAVURE PRÉCÉDENTE EST LE SCHÉMA DE L'APPAREIL TRANSMETTEUR ET CELLE-CI CELUI DE L'APPAREIL RÉCEPTEUR.

une scène animée quelconque, à transmettre, il devra d'abord « la voir » à l'aide d'un œil artificiel qui ne saurait être autre qu'un objectif photographique. Mais, ce qui dans l'œil photographique, représente la rétine, c'est-à-dire l'organe, la membrane sensible de l'œil, ne saurait être dans le téléviseur une plaque au gélatino-bromure infiniment trop peu sensible, trop lente, et surtout incapable de redevenir sensible après une première excitation.

Cet organe sensible sera une ampoule photo-électrique que nous décrirons à loisir tout à l'heure; mais avant de passer à cette description, voyons quelles sont les données générales du problème.

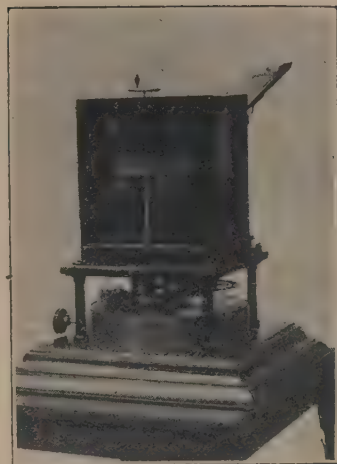
Nous savons déjà que l'image peut être considérée comme un ensemble de points ou d'éléments de figures de même dimension et aussi nombreux que possible.

Les rayons, émanés de l'objet à reproduire, dûment séparés en petits faisceaux correspondant à chaque point de l'image, seront successivement amenés en contact avec *un seul* élément sensible, une seule ampoule photo-électrique qui transformera les phénomènes lumineux en phénomènes électriques correspondants, tout comme le faisait notre cellule de sélénium si infidèle et si paresseuse soit-elle. Nous verrons dans quelques instants quel est le mécanisme intime de cette transformation de la lumière en électricité mais, pour l'instant, continuons de suivre le trajet des rayons lumineux dans notre appareil.

Donc, nous avons vu qu'au départ un appareil « voyant » capte et projette successivement tous les points de l'objet à représenter; cet appareil peut être de dimensions quelconques et décomposer l'image en éléments aussi nombreux que l'on voudra, et chaque élément cependant aura une dimension assez grande pour que sa perception soit très sensible.

Mais il n'en est pas de même sur l'écran récepteur. Là l'image qui devra apparaître à l'observateur devra nécessairement, sous peine de paraître une informe trame, une « salade » de taches sombres et lumineuses, être formée de points petits et serrés qui devront apparaître successivement les uns à côté des autres (nous disons successivement bien que nous verrons tout à l'heure que l'œil doit les percevoir simultanément).

C'est donc sur l'image apparente que nous devons compter le nombre des petites cases du damier dont nous avons parlé si l'on considère que, environ 7 points par millimètre don-



UNE PARTIE
DU TRANSMETTEUR BELIN.



CHAMBRE NOIRE DU TRANSMETTEUR.

nent un fondu suffisant et si l'écran de réception, soit pour la vision directe, soit pour la projection, a les dimensions d'une épreuve ordinaire de cinéma, c'est-à-dire 18×25 millimètres, cela fait, en comptant 49 points par millimètre carré, 22 050 points pour l'image entière.

Mais ici, une autre notion s'impose : les points successifs doivent être perçus, avons-nous dit, simultanément, c'est-à-dire grâce à cette faculté que possède notre rétine de conserver pendant une fraction de seconde, l'image d'un objet, alors même que cet objet a disparu ou la sensation d'une lumière, par exemple, après que cette lumière a été éteinte.

La durée de cette persistance est de l'ordre de $1/10$ de seconde, mais cependant, pour les éclaircissements faibles, elle ne dépasse guère $1/16$ de seconde.

Donc, il faudra que les 22 050 points soient vus 16 fois à la seconde par notre œil pour que l'impression d'une image continue se produise; il faudra par conséquent transmettre et reproduire 352 800 phénomènes semblables à la seconde. La durée d'une impression lumineuse et par suite, celle d'une émission, ne devra donc pas être supérieure à $1/352\,800$.

On voit combien nous avons raison de dire que cela condamnait sans appel tous les mouvements mécaniques, le sélénium, les électro-aimants et même les conducteurs métalliques incapables de répondre nettement à des impressions aussi courtes.

Quelle est donc l'engin à la fois délicat et formidable qui peut s'y reconnaître dans ce tumulte de rapidité, répondre à une excitation aussi brève, entrer lui-même en branle, alors que le Grand Arago, il y a à peine quelque cent ans, niait la possibilité de la photographie instantanée! Que dirait-il, aujourd'hui, d'un agent qui laisse si loin derrière lui comme sensibilité ce vieux réactif (pourtant sensible à quelques centièmes de seconde) qui est le gélatino-bromure d'argent.

Cet agent, nous l'avons déjà nommé, c'est l'ampoule photo-électrique.

Elle se compose essentiellement d'une ampoule en verre dans laquelle on a fait un vide très poussé ne contenant plus qu'une pression mesurée par une infime fraction de millimètre de mercure d'air ou d'autre gaz.

Deux électrodes sont disposées dans l'intérieur de l'ampoule : l'une est en métal alcalin, potassium, sodium, etc.; l'autre, en forme de grille ou de plaque est en platine ou en tout autre métal inoxydable.

En temps normal, c'est-à-dire lorsque l'ampoule n'est pas en activité, l'espace qui sépare les deux électrodes est un obstacle infranchissable à tous courants électriques; mais qu'un rayon lumineux vienne à frapper l'électrode en métal alcalin, et aussitôt celle-ci émet les électrons en vertu de cette dissociation générale de la matière (que Gustave Lebon a si savamment mise en lumière) et ces électrons se précipitant vers l'autre électrode rendent le milieu tout à l'heure infranchissable, plus ou moins conducteur suivant le nombre des électrons mis en liberté, et par conséquent suivant l'intensité du rayon lumineux qui frappe l'électrode en métal alcalin.

Quelle merveilleuse simplicité dans cet appareil où tout est nouveau, la conception, la matière, et surtout le fonctionnement qui aurait échappé il y a seulement quelques années aux plus avertis, aux plus savants de nos physiciens.

Donc, sous l'action des rayons lumineux l'électrode en métal alcalin émet

des particules ou électrons absolument semblables à ceux des corps radio-actifs comme le radium, l'uranium, etc., particules qui rendent l'air conducteur de l'électricité. On comprend alors que le courant qui traverse l'ampoule est rigoureusement proportionnel à l'intensité du rayon lumineux qui frappe l'électrode active.

Et cela est d'une telle sensibilité que cette ampoule est capable de déceler des rayons lumineux tellement faibles que l'œil humain ne peut les percevoir jusqu'à des intensités tellement fortes que notre œil ne peut les recevoir sans être blessé.

En un mot, l'ampoule photo-électrique est sensible aux rayons lumineux émis par une étoile de la dixième grandeur et réagit encore jusqu'à une impression correspondante au quart du disque solaire.

En définitive, même dans le cas où nous nous adressons au sélénium lent et infidèle, de même lorsque nous avons recours aux services délicats rapides et sensibles de l'ampoule photo-électrique, nous ne faisons que de changer les vibrations lumineuses en courants électriques, en ondes hertziennes. C'est une véritable modulation que nous obtenons, la même que celle que les physiciens qui s'occupent de T. S. F. obtiennent, en partant des ondes sonores.

Celles-ci sont transformées par le microphone en ondes électriques modulées, réplique et transposition fidèle des ondes sonores qui lui ont donné naissance, de même que nos courants électriques issus de l'ampoule photo-électrique sont la réplique et la transposition précises et fidèles des rayons lumineux qui lui ont donné naissance.

Nous avons donc l'organe sensible de la télévision; reste à trouver l'organe de transmission.

Celui-ci, avons-nous dit, ne peut être un conducteur métallique bien que, théoriquement, rien ne semble s'opposer à son emploi; mais nous savons que, pratiquement, il n'est point possible d'utiliser un fil conducteur à cause de l'inertie électrique, de la self-induction, des capacités, des courants induits parasites, etc.

Nous aurons donc recours à ce conducteur impondérable, mystérieux, mais fidèle et sans inertie qui est l'éther; nous verrons tout à l'heure comment nous utiliserons ses services.

Quant à l'organe récepteur, nous savons qu'il devra faire l'opération inverse que nous avons vu effectuer par l'ampoule photo-électrique; il devra, recevant des ondes hertziennes captées dans une antenne, les transformer en ondes lumineuses rigoureusement modulées suivant les mêmes intensités et les mêmes rythmes, et les projeter sur un écran.

Dans l'état actuel des recherches, ce rôle est tenu par un oscillographe bifilaire sans que l'on puisse dire que ce soit là l'organe le plus adéquat et que l'on ne trouvera pas un jour quelque chose de mieux.

Quoi qu'il en soit, cet oscillographe bifilaire se compose de deux fils tendus dans l'entrefer d'un aimant et qui portent un miroir d'un poids infinitésimal; ces fils et le miroir portent le nom d'équipage mobile: lorsqu'ils sont parcourus par un courant même de très faible intensité, ils sont déviés de leur position de repos.

Ils font alors tomber un rayon lumineux sur un écran dégradé comprenant

toutes les teintes intermédiaires du clair à l'obscur. On comprendra donc que suivant l'impulsion reçue par le miroir, on retrouve à la sortie de l'objectif, que nous décrivons tout à l'heure, un rayon plus ou moins intense ou au contraire plus ou moins amorti; la modulation du rayon lumineux à l'arrivée est résolue.

Décrivons maintenant, schématiquement l'appareil complet et voyons comment il fonctionne.



DISQUE INTERRUPTEUR DE TRANSMISSION.

Mais ceci est d'une importance capitale et l'on peut dire que le problème est bien prêt d'être résolu; voyons donc comment :

Appareil transmetteur. — Supposons un écran sur lequel est dessinée un trait lumineux courbe ou droit dont l'image est à transmettre, avec ses variations instantanées d'intensité, à un poste éloigné.

Les rayons lumineux issus de cet écran passent à travers un objectif d'appareil photographique et qui en projette l'image sur un système de prismes à réflexion totale, lequel renvoie cette image vers l'élément photo-sensible, c'est-à-dire l'ampoule photo-électrique que nous avons décrite, après être passée par les ouvertures d'un disque interrupteur qui sert justement à faire varier les intensités.

A la sortie de ce disque, les rayons lumineux vont impressionner la cellule photo-électrique et se moduler comme nous l'avons dit en courants électriques.

Ceux-ci, amplifiés par un système de lampes à trois électrodes — absolument semblables à celles qui sont employées en téléphonie sans fil — sont ensuite envoyés dans une antenne qui les rayonne dans l'éther.

Voilà tout le schéma du poste émetteur théorique. Voyons celui du poste récepteur tel qu'il a fonctionné dans la fameuse expérience du Trocadéro du 7 juin 1923 ainsi d'ailleurs que l'émetteur.

Une antenne captait les ondes hertziennes; ces ondes modulées étaient détectées et amplifiées par un poste à lampes absolument semblable à ceux utilisés en téléphonie sans fil et envoyées dans un oscillographe bifilaire.

Cet oscillographe recevait d'une part, les rayons lumineux d'une source locale représentée par une lampe électrique à arc qui, au travers du diaphragme du condensateur et d'un objectif, venait tomber normalement à la surface du petit miroir de l'oscillographe.

Celui-ci se mouvant en raison des rayons modulés qu'il recevait par l'intermédiaire du poste de téléphonie, déviait son rayon lumineux et le faisait passer à travers l'écran gradué en cette gamme de teintes que nous avons décrite.

A la sortie de cet écran, le rayon saisi par un objectif, redressé par un système de prismes analogues à ceux du poste transmetteur, était finalement projeté sur un écran où l'on voyait se reproduire avec ses variations, l'image lumineuse telle qu'elle était exposée devant l'objectif du poste transmetteur.

Voici donc le premier pas et même le second résolu vers la grande merveille de la vision à distance.

Théoriquement, rien ne paraît plus facile; pratiquement, hélas, il y a encore quelques difficultés à résoudre, en particulier du côté de l'oscillographe. Mais ayons bon espoir que ces difficultés seront résolues en leur temps.

On remarquera l'élégante solution de l'appareil « voyant » qui explore successivement tous les points de l'image à reproduire, grâce au déplacement de l'appareil optique qui, avec une vitesse déterminée, et d'ailleurs réglable, parcourt l'image du premier point au dernier, de même que le doigt d'un enfant montre les lettres et les mots un à un sur la page de son abécédaire.

Et les faisceaux lumineux ainsi successivement déterminés vont au foyer commun de l'objectif voyant, impressionné grâce à cette merveille de précision et de rapidité qu'est l'ampoule photo-électrique.



APPAREIL COMPLET DE TRANSMISSION D'UN SIGNE LUMINEUX AVEC
SES VARIATIONS D'INTENSITÉ QUI EST LE PRINCIPE DE LA TÉLÉVISION.

Jusque-là, la réalisation pratique est tellement voisine des nécessités imposées par la théorie qu'il est infiniment probable qu'ils resteront tels quels dans l'appareil définitif, sans subir de modifications importantes.

Il n'en est pas de même, croyons-nous, de l'appareil récepteur.

Pour si sensible que soit l'oscillographe bifilaire que nous avons décrit, il présente encore un certain nombre d'inconvénients dont le moindre est non

point un défaut de sensibilité mais une action un peu irrégulière, c'est-à-dire que pour une excitation donnée, toujours la même, le petit miroir n'en donne pas une déviation rigoureusement semblable; de même, ledit petit miroir ne revient pas au zéro franchement et d'une manière absolue quand cesse l'excitation; il a tendance à amorcer un certain mouvement périodique.

On a à lutter de même contre les courants parasites auxquels il n'est pas absolument insensible et comme il faut, d'après le fonctionnement que nous avons expliqué que le déplacement du petit miroir soit toujours identique à lui-même pour dévier le rayon lumineux de la source locale à travers l'écran dégradé, on conçoit que le moindre dérèglement du petit miroir amènerait un brouillage de l'image, bien difficile à éviter. Nous savons également que seize fois environ par seconde, chaque point de l'image transmise est projetée sur l'écran récepteur et que c'est la persistance de l'impression rétinienne qui fait tous les frais de la reconstitution de l'image.

Il est dès lors bien facile de comprendre que le moindre dérèglement dans la valeur respective des points lumineux amènerait un nouveau brouillage de l'image encore plus difficile à éviter.

Quelles sont les applications que l'on peut attendre de ce problème lorsque la perfection de sa solution lui permettra d'entrer victorieusement dans la pratique?

Tout d'abord, il ne faut pas se faire d'illusion : les appareils de télévision, tout au moins au début de leur construction seront extrêmement compliqués et coûteux et leur utilité dans la vie purement pratique n'apparaît pas d'une façon très nette.

Certes, il sera agréable, dans un avenir plus ou moins proche, de pouvoir en même temps que l'on téléphonera à un correspondant éloigné de plusieurs centaines de kilomètres, considérer les jeux de sa physionomie; mais cela n'est pas d'une réalisation très prochaine.

Dans le domaine scientifique militaire, on voit immédiatement tout l'intérêt que pourrait présenter un appareil permettant de voir en dépit de tous les obstacles naturels ou artificiels et de la distance; et l'on sait que parmi ceux-ci un des plus employés dans la guerre future sera le nuage de fumée artificiel plus dense, plus épais, plus opaque mille fois que le brouillard le plus tenace.

L'appareil de télévision permettra, en partie tout au moins, d'éviter cet obstacle. On comprend très bien qu'il serait possible d'aller déposer au voisinage des lignes ennemies, en avant de ses tranchées, par exemple, sur quelque arbre isolé, sur une pierre, ou dans un trou de mur, un appareil de télévision susceptible d'être mis en branle à distance, grâce à la télé mécanique.

On disposerait ainsi à plusieurs kilomètres en arrière des lignes, grâce à un poste récepteur accordé avec les postes transmetteurs abandonnés à eux-mêmes en plein champ, des services fidèles d'une foule d'espions sous les yeux desquels rien ne pourrait se passer qui ne soit immédiatement transmis à l'arrière, en dépit de tous les marmitages, de toutes les émissions de gaz fuligineux ou asphyxiants, de tous les tirs de barrage, etc.

Pour son rôle récréatif, nous pouvons, lui prédire un franc succès analogue à celui qui a salué dès leurs débuts la cinématographie et la téléphonie sans fil.



APPAREIL DE TÉLÉTAUGRAPHIE JUDICIAIRE.

Utilisé pour la transmission par T. S. F. des portraits des criminels et de leurs empreintes digitales entre les parquets généraux des principales nations.

LA TÉLÉTAUGRAPHIE

Il ne faut pas confondre la télétaugraphie avec la télévision, décrite dans un autre chapitre.

La télétaugraphie est l'art de reproduire à distance tous caractères ou signes, écritures, dessins, autographes, etc.

Depuis longtemps déjà, dès les premiers jours de la télégraphie électrique, la solution de ce problème hantait l'esprit des chercheurs qui dépensèrent à sa poursuite des trésors d'ingéniosité sans que le résultat vienne, hélas, couronner leurs efforts. Toujours la conception, viable en principe, subissait dans l'exécution pratique de telles difficultés de mise au point que c'est tout dernièrement seulement que cette invention est enfin entrée dans le domaine des

applications quotidiennes, ainsi qu'en témoigne un décret rendu en 1923 par le Président de la République française et qui a trait à l'exploitation commerciale du procédé de télétaugraphie imaginé par M. Belin et appliqué entre Paris et Lyon.

La première en date des réalisations qui approcha de la solution pratique fut imaginée en 1855 par l'abbé Caselli à Paris, après d'ailleurs que se furent vainement essayés à la résoudre l'Anglais Humphry Davy, l'inventeur de la lampe de sûreté (1778-1829), le Français Pouget-Maisonnette et Blackwell. Tous ces physiciens durent abandonner leurs recherches avant d'avoir obtenu des résultats satisfaisants.

L'abbé Caselli, au contraire, construisit un appareil fort simple dont un exemplaire existe encore au Musée du Ministère des postes, télégraphes et téléphones à Paris.

Voici quel est l'appareil imaginé par l'abbé :

Sur une plaque ou feuille métallique disposée au poste transmetteur, sont tracés les signes, lettres ou dessins à reproduire à l'aide d'une encre isolante composée par exemple de gutta-percha dissoute dans de l'éther de pétrole.

Un tire-ligne parcourant toute la surface de la feuille métallique était relié par une ligne télégraphique ordinaire au poste récepteur. Celui-ci comprenait essentiellement un autre tire-ligne se mouvant au-dessus d'une feuille de papier imprégnée d'une solution de ferro-cyanure de potassium. On comprend désormais le fonctionnement de l'appareil.

Chaque fois que le tire-ligne rencontrait un trait tracé à l'encre isolante sur la feuille métallique du poste transmetteur, il y avait interruption dans le courant de la ligne télégraphique; au poste récepteur le stylet au-dessus de la feuille au cyanure cessait d'impressionner celle-ci tout le temps que durait l'interruption et l'on comprend aisément que l'on pouvait obtenir ainsi sur cette feuille de papier la reproduction des signes de la feuille métallique du poste de départ tracés en blanc sur un fond violet (couleur du cyanure décomposé par le courant électrique).

On peut d'ailleurs prévoir d'autres dispositifs à l'arrivée du courant électrique, comme par exemple une feuille de papier carbone analogue à celui qui est employé pour les machines à écrire et sur laquelle une armature d'électro-aimant vient appuyer à chaque passage du courant ou, au contraire quitter le contact à chaque interruption.

Cet appareil, bien que perfectionné par un employé des postes nommé Meyer, n'eut pas de succès et son usage fut vite abandonné.

Il faut arriver à 1873 où M. d'Arlincourt installa à l'exposition de Vienne un appareil un peu différent qui eut un certain succès mais qui, lui non plus, ne fut pas admis au service public.

Ce n'est que tout récemment que le Bavarois Korn, partant d'un principe tout différent, réalisa un appareil vraiment intéressant et qui transmet correctement sur le circuit Paris-Lyon-Paris, un portrait du Président Fallières, en 1907.

Les premières recherches de ce savant dataient de 1901 et ce fut vraiment un succès que la transmission correcte de ce portrait présidentiel sur 1 024 kilomètres de circuit.

Nous avons dit que le principe était tout différent de celui de l'abbé Caselli. En effet, Korn, l'un des premiers, fit appel à la curieuse propriété du sélénium alors récemment démontrée : rappelons que ce métalloïde de la famille du soufre et du tellure, jouit de la curieuse propriété d'être d'autant meilleur conducteur de l'électricité qu'il est plus éclairé. Les physiciens de cette époque étaient incapables d'ailleurs de donner une explication satisfaisante de cette remarquable anomalie.

Il a fallu arriver aux travaux tout récents sur la constitution intime de la matière et sur les mouvements atomiques pour comprendre ce qui se passe dans ce cas.

L'appareil de Korn se composait d'un poste transmetteur et d'un poste récepteur totalement différents l'un de l'autre.

Le premier était essentiellement constitué par une chambre noire photographique au fond de laquelle on pouvait promener une cellule de sélénium intercalée dans le circuit d'une source électrique locale. Le poste récepteur comprenait un galvanomètre extrêmement sensible sur l'équipage mobile duquel était fixé un minuscule volet pouvant obturer plus ou moins l'ouverture d'une lanterne munie d'une forte lampe à arc. Voici comment fonctionnait l'appareil :

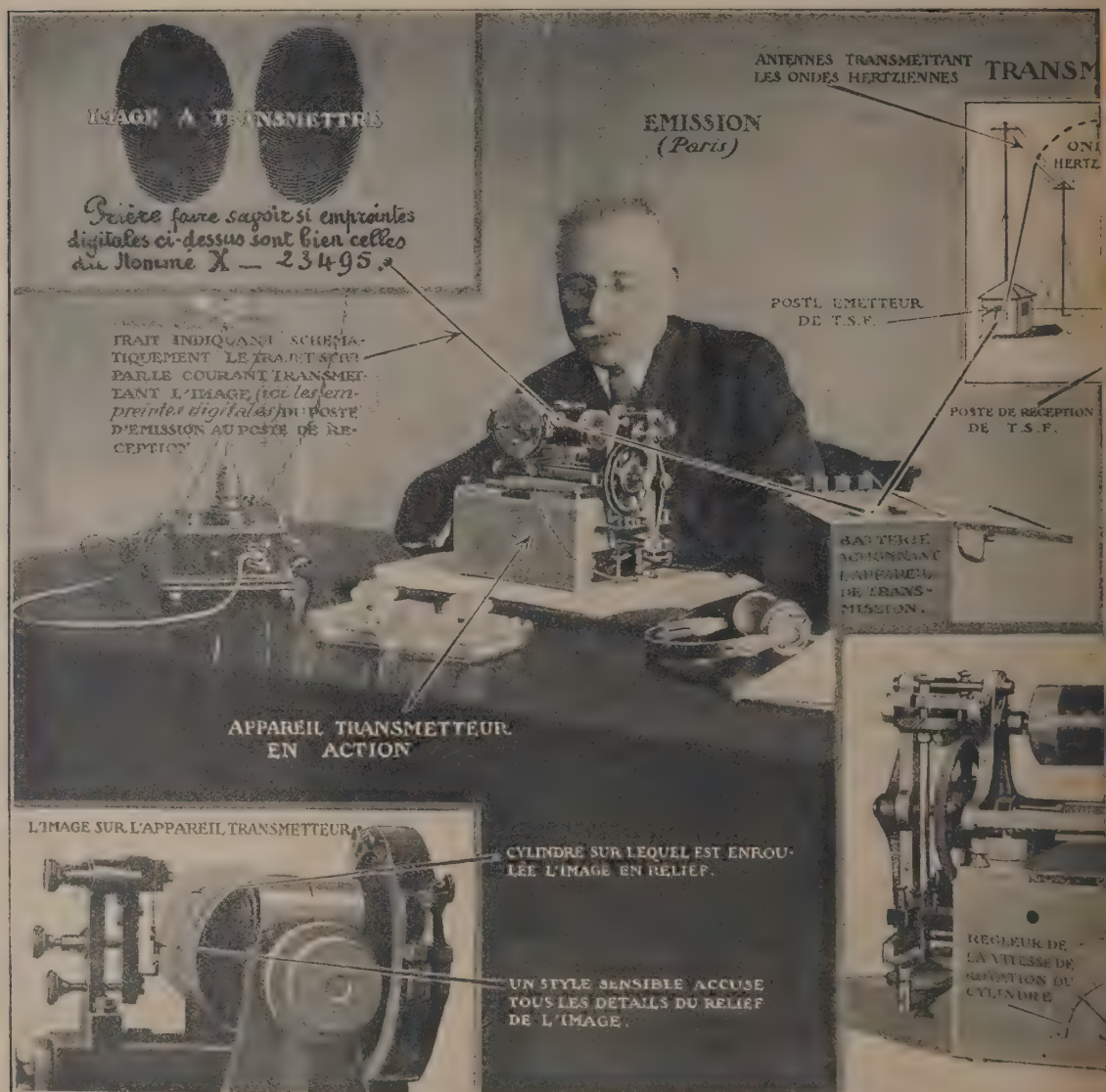
La cellule de sélénium, proménée successivement derrière tous les points de l'image à transmettre laissait passer plus ou moins de courant suivant que la portion de l'image considérée était plus claire ou plus obscure, c'est-à-dire plus ou moins éclairée, ce qui correspondait sur le papier à des points noirs, gris ou blancs.

Le courant ainsi obtenu à la sortie de la cellule de sélénium était envoyé grâce à un circuit téléphonique ordinaire dans l'appareil récepteur; là le petit volet dont nous avons parlé, s'ouvrant plus ou moins sous l'influence de ce courant plus ou moins énergique, reçu par le galvanomètre, laissait passer un rayon de lumière plus ou moins intense justement en proportion de l'éclairement du point correspondant de l'image transmise. Ce faisceau, venant impressionner une pellicule photographique, reproduisait à l'aide de touches blanches, grises ou noires, les caractéristiques de l'image considérée au poste de départ, par un mécanisme analogue (à la sensibilité près) à celui que nous avons vu utiliser dans la télévision.

Cet appareil, bien que présentant un progrès très notable sur tout ce qui avait existé avant lui, ne connut cependant pas une fortune meilleure que ses devanciers. Cela tenait à l'irrégularité, l'infidélité de la cellule de sélénium, aux différences de transmissibilité et de conductibilité des circuits téléphoniques, à l'inertie électrique de l'ensemble et, enfin, au défaut de synchronisme, c'est-à-dire au défaut de concomitance, de simultanéité entre les mouvements des postes transmetteurs et récepteurs.

L'appareil que l'État français a adopté pour son Service public des Postes est tout différent.

Il ne fait plus intervenir le sélénium pour les raisons d'infidélité et d'inertie lumineuse et électrique dont nous avons parlé, mais n'utilise au départ qu'un dispositif mécano-électrique basé sur le relief de l'image ou dessin à transmettre. Nous savons, en effet, que lorsqu'on expose à la



ENSEMBLE DES APPAREILS DE TRANSM

Ces appareils sont équipés pour fonctionner par T. S. F. ; dans le médaillon du milieu, au centre et en haut de la page sont reproduits schématiquement les dispositifs de départ et d'arrivée des ondes hertziennes par le moyen de deux antennes. Mais les installations peuvent également fonctionner par fil ordinaire téléphonique et c'est ainsi d'ailleurs qu'ils sont disposés pour le service public créé par l'administration française, des Postes-Télégraphes et Téléphones entre Paris et Lyon.

Ces télégraphes publics ne transmettent que des dessins au trait à l'exclusion des demi-teintes reproduisant le modèle des images. Mais M. Belin construit également des appareils qui expédient et reçoivent des images photographiques quelconques, ainsi que nous en verrons plus loin un spécimen.

A gauche est figuré l'appareil de transmission, avec des vues de détail, en bas et au milieu qui permettent, à l'aide des légendes, d'en saisir le fonctionnement.

Cet émetteur est essentiellement composé d'un style explorateur, très léger et très mobile qui explore successivement toute la surface du cylindre qui tourne devant lui ; pour cela il se déplace lentement devant ce cylindre par

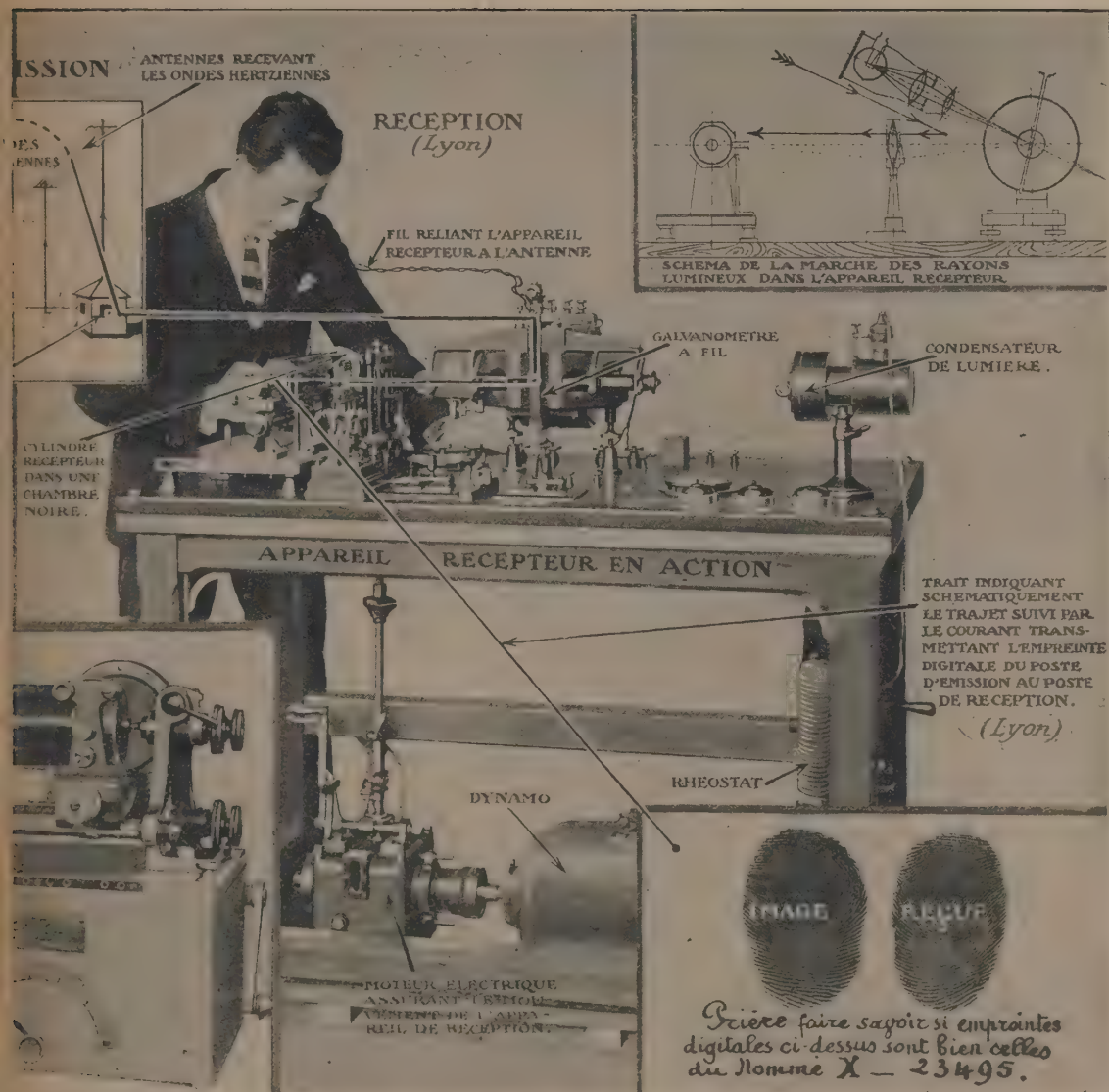


Photo Boyer.

MISSION ET DE RÉCEPTIONS TÉLÉTAUGRAPHIQUE.

le moyen d'une vis qui est entraînée en même temps que le cylindre, tout comme le chariot d'un tour parallèle. L'image à reproduire, tracée soit à l'encre spéciale dans le cas d'une reproduction au trait, soit photographiée à la gélatine bichromatée dans le cas d'une gravure ou photographie est collée sur le cylindre; chaque fois que le style rencontre un trait ou une saillie de la gélatine, le courant d'émission est interrompu; il est rétabli aussitôt que la pointe a franchi l'obstacle.

Sur la gravure au milieu et en bas de la page, on voit le cylindre, le support porte-stylet au commencement de sa course et, sur le socle, le régulateur de vitesse de déroulement de l'image collée sur le cylindre.

Les courants électriques, successivement établis puis supprimés, puis rétablis par le style, transmis par fil ou sans fil vont ensuite au galvanomètre de l'appareil récepteur figuré à droite de la page; là ils ouvrent ou ferment un coilet interceptant un rayon lumineux qui va impressionner un papier photographique collé sur le cylindre récepteur enfermé dans sa chambre noire.

lumière nuancée une plaque ou un papier photographique recouvert de gélatine contenant de 1 à 3 p. 100 de bichromate de potasse ou de soude, les parties fortement insolées deviennent insolubles, celles moins éclairées sont à moitié insolubles et les autres très solubles. Il suffit, après exposition, de laver l'épreuve à l'eau tiède pour obtenir le relief utilisé par M. Belin.

Cet instrument, dû, comme nous l'avons dit, à M. Belin, date, pour ses premiers exemplaires, de 1907.

Son premier photo-télégraphe reposait sur un principe comme nous l'avons dit entièrement mécanique qui faisait varier l'intensité du courant électrique envoyé dans la ligne par le poste de départ suivant les teintes de l'image à reproduire.



Photo Belin.

PORTRAIT TRANSMIS PAR LE TÉLÉ-
TAUGRAPHE D'UNE MANIÈRE PARFAITE.
ON REMARQUE LA DOUCEUR ET LE
« FONDU » DU MODELÉ.

Les résultats furent assez bons pour que, en 1909, M. Belin fasse construire un nouvel appareil qui fut expérimenté avec succès entre Paris et Lyon.

L'Agent transmetteur était toujours un stylet explorant une couche de gélatine bichromatée impressionnée par la lumière et présentant ainsi un relief assez accusé pour que le stylet explorateur, en suivant son profil, puisse provoquer des variations notables dans le courant électrique envoyé dans la ligne.

Le poste récepteur se compose d'un fil de quartz tendu entre les bornes d'un puissant électro-aimant et qui manœuvre le volet obturant une fente par laquelle arrive un rayon très intense de lumière, lequel est projeté sur une feuille de papier sensible.

Dans la pratique, on transmet le plus généralement des autographes, des dessins au trait ou encore des empruntes digitales. Dans ce cas-là, on trace les caractères à expédier sur une feuille de papier ordinaire avec une encre spéciale qu'une légère chaleur vitrifie et qui garde alors son relief.

Dans le cas d'une impression digitale, on en tire une épreuve photographique.

L'image, l'écriture ou le dessin sont ensuite enroulés sur un cylindre et placés devant le stylet dont nous avons parlé qui, se déplaçant le long d'une des génératrices de ce cylindre tournant, se trouve, à la fin de la rotation, avoir parcouru toute l'étendue de l'image par un trait en hélice qui, vu le nombre élevé et le voisinage de ses spires, produit le même effet qu'une série de hachures très voisines couvrant toute l'image.

Chaque fois que, dans ce parcours le stylet rencontre un trait, le courant est interrompu et dans le poste récepteur la lumière se découvre par suite de la rotation du fil de quartz du galvanomètre dont nous avons parlé.

Le papier sensible enroulé sur le cylindre récepteur reçoit donc une impression absolument semblable au trait de l'original qui, en soulevant le stylet, a interrompu ou établi le courant électrique suivant le cas et la méthode employée.

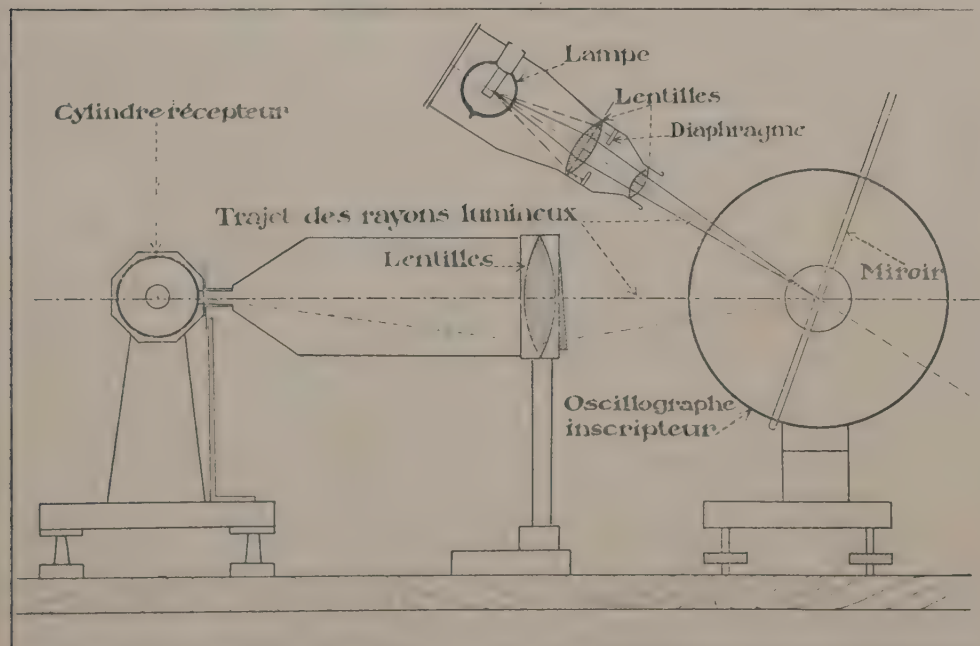
La succession de ces traits, de ces touches, reproduit l'ensemble de l'image à transmettre.

Il est certain que les instruments mis en service n'ont pas la simplicité schématique que nous venons d'exposer brièvement; un coup d'œil sur nos gravures montre au contraire à quel point est poussée la complexité de leur construction; mais l'essentiel de leur fonctionnement peut être compris avec ces courtes explications.

Un des points délicats de la réalisation du télétaugraphe est le synchronisme parfait qui doit exister entre les mouvements du cylindre transmetteur et du cylindre récepteur, c'est-à-dire la simultanéité rigoureuse de leurs révolutions, de façon à ce que chaque point de ces organes se trouve au même moment à la même place relative, et cela sous peine de déformation des images reproduites.

Ce synchronisme est relativement facile à résoudre quand les deux postes sont unis par un fil; il résulte alors de la libération simultanée d'un mouvement d'horlogerie étalonné avec une grande précision et qu'un bref courant électrique superposé à la transmission vient tous les 10 ou 15 tours du cylindre remettre au même point.

Mais alors que depuis 1913 M. Belin a réalisé son télétaugraphe avec fil,

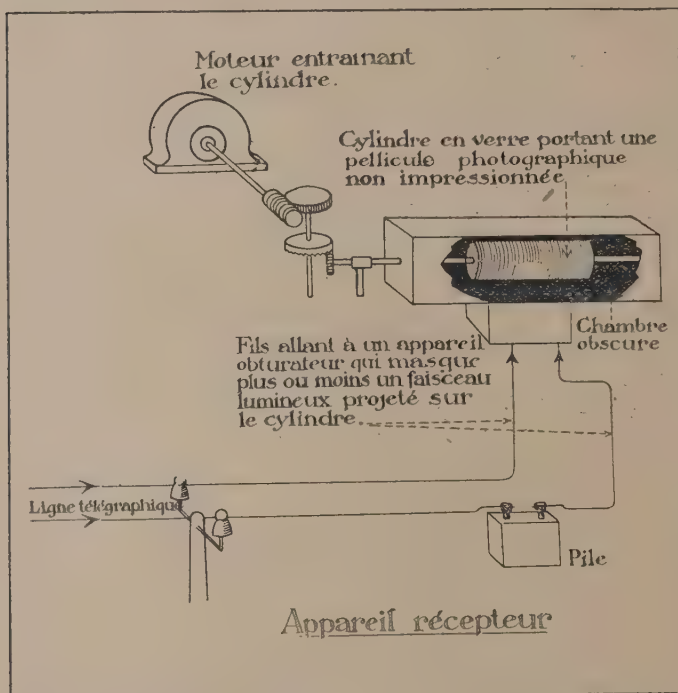


TÉLÉTAUGRAPHE SIMPLE. SCHÉMA DE L'APPAREIL RÉCEPTEUR.

Ce schéma, agrandi pour la commodité de la lecture, est semblable à celui qui a déjà été figuré précédemment dans l'ensemble de l'appareillage.

il lui a fallu beaucoup de temps et de soins pour obtenir par T. S. F. le même résultat. L'inventeur était sur le point d'y parvenir quand la mobilisation vint interrompre ses recherches qui, reprises ensuite, aboutirent à la création d'un appareil qui avait en plus, grâce à un mouvement tout particulier des cylindres, et pouvant être modifié tout en restant rigoureusement synchrones, le mérite de garantir non seulement l'authenticité, mais encore le secret absolu des transmissions radiotélégraphiques.

A la fin de la guerre, deux des collaborateurs de M. Belin partirent pour les États-Unis d'Amérique où l'Amirauté mit à leur disposition la station de



SCHEMA MONTRANT LE DISPOSITIF TRÈS SIMPLIFIÉ DE LA CHAMBRE NOIRE DE L'APPAREIL RÉCEPTEUR.

la station française de Croix-d'Hins, près de Bordeaux, qui transmettait un message à destination de Bar-Harbourg qui est une station navale de T. S. F. située aux États-Unis au voisinage de la frontière canadienne.

Le système de transmission était exactement le même que celui que nous avons décrit pour la télétaugraphie avec fil, c'est-à-dire que l'écriture ou le dessin à reproduire était photographié sur une pellicule et recevait un léger relief correspondant au trait. Ces creux et ces reliefs, une fois la feuille enroulée sur le cylindre du poste transmetteur, laissaient plus ou moins pénétrer la pointe du stylet dont nous avons parlé et qui était monté sur une tige flexible à cet effet, interrompant ou établissant le courant d'une source locale électrique, suivant que la pointe du stylet explore un creux ou un relief correspondant à un trait ou à un blanc de l'image; c'est ce dispositif que l'on appelle le traducteur.

télégraphie sans fil d'Annapolis. En août 1921, le laboratoire de l'usine de la Malmaison où est situé le centre de recherches de M. Belin, recevait un message télétaugraphique du *New-York Times* à destination d'un journal parisien.

Ce radio-belino-gramme, ainsi qu'on a baptisé ce nouveau genre de transmission de la pensée humaine traversait pour la première fois l'Atlantique.

D'ailleurs, peu de temps après, avec un égal succès, l'expérience en sens inverse fut effectuée; c'était

Cette manière de procéder s'applique, comme nous l'avons dit, au dessin, au trait ou à l'écriture.

Dans le cas d'une photographie qui comporte en outre des noirs, des blancs ou des gris variés, on est obligé de recourir à un procédé un peu plus compliqué.

L'image est encore imprimée sur un papier enroulé sur le cylindre, mais, cette fois, à l'aide d'une gélatine bichromatée qui, nous le savons, est plus ou moins soluble dans l'eau tiède suivant qu'elle a été plus ou moins insolée c'est-à-dire exposée à la lumière et le relief qui en résulte « modèle » l'image, la sculpte en quelque sorte.

Le stylet du traducteur pourra donc prendre trois positions principales celles qui, les plus éloignées du cylindre, correspondent aux noirs de l'image, celles en contact avec le papier lui-même et qui correspondent aux blancs et celles, intermédiaires, qui correspondent aux gris.

Dans tous les cas, la pointe du stylet est appuyée contre une plaque vibrante absolument analogue à celle d'un microphone ordinaire tel qu'il est employé en téléphonie ou en radio-téléphonie (on sait qu'il consiste en une membrane métallique tendue et au contact de laquelle sont une quantité de petites sphères de quelques millimètres de diamètre en charbon de cornue). Les variations de pression effectuées par le stylet sur la plaque du microphone se traduisent par des courants électriques d'intensité variable.

En téléphonie ordinaire, ce sont les vibrations sonores qui produisent ces variations de l'intensité électrique et en télétaugraphie c'est la pression plus ou moins forte du stylet explorant les creux et les reliefs de la photographie. On pourrait dire, si l'image ne paraissait pas trop audacieuse, que le stylet parle ou chante la photographie qu'il explore.

Ce courant ainsi modulé pourra, soit être envoyé dans un circuit ordinaire avec fil, soit dans un appareil émetteur de télégraphie sans fil dont les ondes porteuses joueront en quelque sorte, ainsi que le savent tous les amateurs, aujourd'hui si nombreux, de T. S. F., le rôle de conducteur immatériel.

A la réception, le courant sera comme nous l'avons expliqué au moment de la transmission avec fil, transformé en ondes lumineuses par l'intervention du fil de quartz dans ce galvanomètre ultra-sensible appelé oscillographe.

A ce propos, pour éclairer nos lecteurs qui se demanderaient comment d'une matière aussi rigide et aussi dure que le cristal de roche ou quartz, on peut tirer un fil de quelques centièmes de millimètres de diamètre, disons que ce fil est obtenu non par travail direct, mais par étirage de quartz ou silice fondue de même que l'on file du verre ramolli par la chaleur aux environs de son point de fusion et de même encore que les fils de verre, les fils de quartz sont élastiques, surtout dans le sens de la flexion et dans celui de la torsion. Curie a démontré que ce corps à l'état cristallisé possède la curieuse propriété de donner une pression sous l'effet d'un courant électrique, et inversement, de donner un courant quand il est soumis à une variation de pression. C'est le quartz piezo-électrique.

L'invention de M. Belin est, comme nous l'avons dit, entrée aujourd'hui dans la pratique.

L'Administration des Postes et Télégraphes en France a établi un service

public d'essai sur une ligne télégraphique Paris-Lyon et une ligne Paris-Strasbourg.

Il est surtout destiné à la transmission des dessins au trait, des autographes et des empreintes digitales, à l'exclusion des images comportant des demi-teintes.

A cet effet, il est distribué dans les bureaux de poste parisiens des feuilles d'un papier spécial, larges de 135 millimètres, hautes de 95 et divisées en deux cases dont l'une est réservée à l'adresse et l'autre reçoit l'original de l'écriture ou du dessin à reproduire.

Une encre spéciale est également mise à la disposition du public; on trouve même dans le commerce des feuilles et des encres toutes préparées pour l'établissement des originaux télétaugraphiques.

Le prix prélevé par l'État est de 10 francs par dépêche; arrivée à destination, une épreuve photographique de ce belinogramme est distribuée au destinataire par les soins de facteurs du télégraphe montés à bicyclette.

Ceci n'est que le commencement d'un système de transmission de la pensée humaine susceptible de prendre un très grand développement. Une des choses les plus intéressantes à considérer serait la possibilité, pour les radiobelinogrammes transmis par télégraphie sans fil, de recevoir des signes idéographiques présentant un sens général international indépendant de la langue particulière du pays expéditeur, comme par exemple une sorte de sténographie universelle.

Dans ce cas, l'immense avantage de ce nouveau procédé consisterait dans la disparition des acheminements divers que comporte certaines transmission par câbles qui, à chaque changement de direction nécessitent la traduction du télégramme et sa retransmission.

Si l'on sait en outre que l'expédition par câble sous-marin est très lente et que la capacité de travail desdits câbles est forcément faible, on comprendra tout l'avantage que l'on peut attendre de ce nouveau mode de télégraphie.

Un autre avantage du procédé et qui répondrait à une des plus vives critiques et des plus fondées que l'on adresse au service de la T. S. F. ordinaire, est de pouvoir assurer le secret des correspondances. M. Belin en effet a créé un appareil qui s'adapte au récepteur et au transmetteur que nous avons décrits et qui garantit d'une façon formelle le secret des communications, sans parler du secret obtenu grâce à une écriture chiffrée secrète (cryptogramme) ou bien à un alphabet spécial ou encore à des dessins quelconques convenus à l'avance entre les correspondants.

On comprend combien, en temps de guerre, ce secret des transmissions serait précieux.

Citons encore ce mérite capital de la Belino-télétaugraphie qui est son indifférence vis-à-vis de ce cauchemar des sans-filistes et qu'on appelle les courants parasites. Ceux-ci, comme nous l'avons dit, sont des ondes hertziennes errant dans l'espace, provenant d'orages lointains ou même d'effluves venant des profondeurs des mondes et qui, dans certains cas, rendent absolument intraduisibles les dépêches de télégraphie sans fil, notées à la réception avec les points et les traits de l'alphabet Morse.

Certaines de ces décharges atmosphériques provenant sans doute des

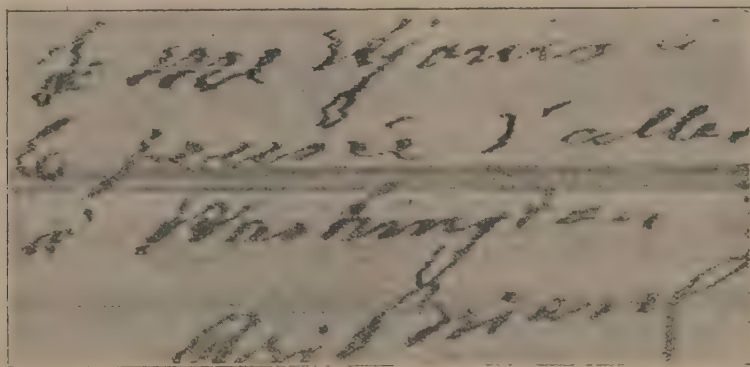
orages ont une forme caractéristique reproduisant la lettre S; et pendant longtemps cela a été un mystère de recevoir au milieu d'une communication cette lettre dont l'origine était inexpiquée.

Il est d'ailleurs facile de comprendre comment ces parasites peuvent rendre absolument intraduisible, comme nous l'avons dit, une dépêche rédigée en signes Morse.

Il suffit en effet qu'un de ces courants voyageurs prolonge le train d'ondes destinées à imprimer un point et le transforme en un trait; au contraire une interruption de trait le transformera en deux points et il en résulte une confusion inexprimable.

L'appareil de M. Belin, lui, est insensible à ces troubles, ainsi que l'on peut s'en assurer par l'exemple que nous reproduisons ici.

Au pis aller, un courant parasite suffisamment intense et coïncidant avec



FAC-SIMILÉ D'UN TÉLÉTAUGRAMME OU BELINOGRAMME TRANSMIS PAR T. S. F. À TRAVERS L'ATLANTIQUE A L'OCCASION DU VOYAGE DE M. BRIAND, MINISTRE FRANÇAIS EN AMÉRIQUE.

une émission pourra, sur la dépêche reçue, être marqué par une sorte de hachure blanche qui ne troublera en rien la bonne ordonnance des lettres.

Quant aux courants brefs qui, en désordre et sans aucune espèce de régularité, impressionnent les appareils récepteurs, leur action se bornera à parsemer le fond de la dépêche de petits points noirs qui n'enlèvent rien à sa lisibilité.

Pour toutes ces raisons, il est légitime de prévoir le succès éclatant de la télétaugraphie, surtout pour la transmission des messages, comme nous l'avons dit, en sténographie, des dessins au trait, des autographes, etc.

Une application qui a déjà été réalisée et qui est fort intéressante est celle qui consiste à transmettre sans aucun délai et dans le Monde entier, les empreintes digitales d'un criminel quelconque.

On sait que, aujourd'hui, grâce aux travaux de l'école anthropométrique française, née des travaux de M. Bertillon, on désigne quelquefois sous le nom de bertillonnage ce service de l'identité judiciaire; un des caractères les plus sûrs et les plus constants en même temps que les plus fidèles pour l'identification d'un individu est l'impression et l'examen de ses empreintes digitales,

c'est-à-dire du fin lacis de traits qui ornent son épiderme à la face interne des doigts et principalement du pouce ¹.

Chaque individu apporte en naissant, une disposition particulière dans ses lignes et dans ses traits et qui ne variera ensuite que très peu dans le cours de sa vie; voici comment on utilise ce mode d'identification :

Après avoir nettoyé à l'essence ou à la benzine le pouce d'un prévenu, on le pose, lorsqu'il est bien sec, sur une surface enduite d'encre grasse ou d'encre d'imprimerie; puis on fait appliquer largement et fortement le pouce sur une feuille de papier blanc; il en résulte des taches oblongues, noires, toutes sillonnées de petits traits blancs qui sont la reproduction des dessins épidermiques.

On peut voir, dans nos gravures, la photographie de telles empreintes.

Quand il s'agit de les expédier aux polices des principaux pays ou des ports d'embarquement, on en tire une épreuve photographique que l'on peut ensuite transmettre par sans fil, suivant le procédé que nous avons décrit, ce qui permettra aux parquets des différents pays de s'assurer immédiatement si les individus suspects sont bien ceux que l'on recherche, de façon à ne pas prolonger pendant plusieurs jours, quelquefois plusieurs semaines, la détention d'hommes qui peuvent être innocents.

D'ailleurs n'oublions pas qu'entre tous ses autres mérites, cette invention a eu celui d'ouvrir le chemin à la télévision et de permettre, grâce au progrès qu'elle a suscités, grâce aux appareils qu'elle a permis de mettre au point, d'envisager l'aurore de ce temps où il nous sera enfin loisible de contempler les êtres et les choses malgré la distance et qui modifiera si singulièrement la vie humaine d'ici quelques années.

1. Ce moyen paraît avoir été connu dès la plus haute antiquité : les Chinois l'auraient employé dans sa forme actuelle, tandis que les Assyriens s'en servaient pour signer les contrats dont le texte, tracé en caractères cunéiformes était gravé sur une tablette d'argile, une sorte de brique. Les contractants et les témoins, ne sachant pas écrire (l'écriture étant le privilège des scribes), imprimaient l'ongle ou le bout du doigt dans l'argile molle, et l'empreinte, servant de signature, était certifiée par le scribe ou le juge « ceci est l'ongle de un tel : écrivait-il »; puis la cuisson au four rendait la tablette et ses empreintes indestructibles, et c'est ainsi que nous possédons un certain nombre de ces contrats, datant de plusieurs milliers d'années. Maspero, *Lectures d'histoire ancienne*, Hachette, Paris.





RAYONS INVISIBLES, RAYONS DE RÖNTGEN ET RADIATEURS DU RADIUM ET RAYONS ULTRA-VIOLETS.

On a figuré ici un écran au platino-cyanure de baryum ou une plaque photographique que tient la main, en haut de la figure; au-dessous, une ampoule Coolidge à rayons X et à gauche entre les doigts d'un assistant, un petit tube d'émanation de radium.

LES VIBRATIONS UNIVERSELLES ET LES ONDES

PAR ces temps de télégraphie et de téléphonie sans fil, il n'est point permis d'ignorer ce terme d'ondes qui, il y a quelques années à peine, n'était employé guère qu'en poésie et en science pure.

Et pour une fois, la poésie et la science se rencontraient; les ondes du physicien, en effet, étaient ainsi nommées par l'analogie qu'elles présentaient avec les eaux troublées par la chute d'un corps.

Depuis longtemps, en effet, les hommes avaient remarqué et même étudié superficiellement ce phénomène des ondes concentriques produites à la surface d'une eau tranquille par la chute d'une pierre, et lorsque les progrès de la physique nous ont démontré que toutes les manifestations lumineuses, calorifiques ou radio-électriques n'étaient autre que des vibrations imprimées à ce support, d'ailleurs hypothétique : l'éther qui remplit l'Univers entier, tous les espaces, et pénètre tous les corps, on en est venu tout naturellement à caractériser les dites vibrations invisibles par analogie avec celles, facilement constatables, produites dans l'eau.

Donc les caractéristiques des ondes invisibles sont faciles à expliquer en partant des ondes visibles. Ce sont : la longueur d'onde, la fréquence et la vitesse de propagation. La longueur d'onde familière à tous les amateurs de T. S. F. est la distance qui, dans notre bassin plein d'eau, sépare deux crêtes successives, c'est-à-dire les points élevés de ces vagues concentriques qui s'arrondissent autour du point où la pierre est tombée. Et à ce propos, remarquons tout de suite que les ondes se produisent sphériquement, dans tous les sens; si, dans l'eau, elles nous apparaissent comme des cercles, c'est que la sphère

ondulante est coupée à cet endroit par la surface de l'eau, plan de séparation des milieux (eau et air, de densité différente).

La fréquence est le nombre des crêtes des vagues passant au même point, dans un temps donné, généralement une seconde.

Ces données sont capitales; en elles réside toute la différence qui sépare les ondes calorifiques, lumineuses ou radio-électriques. Nous verrons tout à l'heure l'infinie variété de ces longueurs d'ondes, et de ces fréquences, et combien peu, dans l'échelle des vibrations connues, tombent sous nos sens.

Quant à la vitesse de propagation des ondes, elle est variable; de quelques centimètres à la seconde pour celles de notre bassin d'eau elles passent à 350 mètres environ pour le son, jusqu'à 300 000 kilomètres pour les vibrations lumineuses et radio-électriques.

La longueur d'onde est d'une infinie variété, même pour des phénomènes du même ordre. Les télégraphistes sans fil par exemple savent très bien que les ondes hertziennes (radio-électriques) peuvent très bien varier de 25 kilomètres à quelques mètres (nous parlons des longueurs utilisées journellement). Ces longueurs variables sont conditionnées par la nature et le fonctionnement du poste émetteur.

Ces larges ondes sont absolument invisibles, et non seulement invisibles mais échappent complètement à nos sens; il n'en est peut-être pas de même pour tous les animaux et, récemment, des entomologistes ont émis l'hypothèse que les insectes pouvaient très bien correspondre entre eux grâce à des vibrations analogues à celles utilisées en T. S. F., émises et captées par ces organes infiniment délicats que sont leurs antennes.

Les rayons calorifiques sont beaucoup plus courts; nos yeux ne les perçoivent pas encore; ils ont quelque 5 millièmes de millimètres de longueur d'onde.

Et nous arrivons insensiblement aux ondes perceptibles par notre œil; elles débutent modestement à $7/10\,000^{\text{e}}$ de millimètre. Ce sont les rayons rouges que nous apercevons difficilement à l'origine du spectre solaire, dans l'arc-en-ciel, c'est la couleur la plus externe, celle qui succède à l'orangé; on constate facilement, en effet, dans ce cas, les couleurs élémentaires dont est formée la lumière blanche du soleil, et qui sont, en partant de l'intérieur de l'arc-en-ciel : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. Puis, la longueur d'onde diminuant toujours, nous arrivons aux rayons jaunes avec $5/10\,000^{\text{e}}$ de millimètre de longueur d'onde. Mais il semble que notre œil, dont la perfection a si longtemps frappé d'admiration physiologistes et philosophes se fatigue vite dans la perception de cette échelle pourtant si réduite de vibrations lumineuses d'une longueur décroissante.

Déjà à trois demi-dix millièmes de millimètre (lumière violette), l'œil perçoit à peine, et au-dessous, c'est le néant pour lui; l'ultra-violet que les réactions chimiques et biologiques nous révèlent si puissant et si actif, ne peut l'émouvoir.

Nous voici, croyez-vous, à la limite inférieure de ces ondes connues et utilisées journellement par le génie humain; nous sommes partis de 25 kilomètres et nous en sommes, avec l'ultra-violet (rayons produits par les lampes à vapeur de mercure et utilisés pour la stérilisation des eaux potables, à quelque 250 μ , c'est-à-dire à deux dixièmes et demi de millième de millimètre.

Il n'en est rien. Si, par malheur, vous avez affaire à quelque médecin

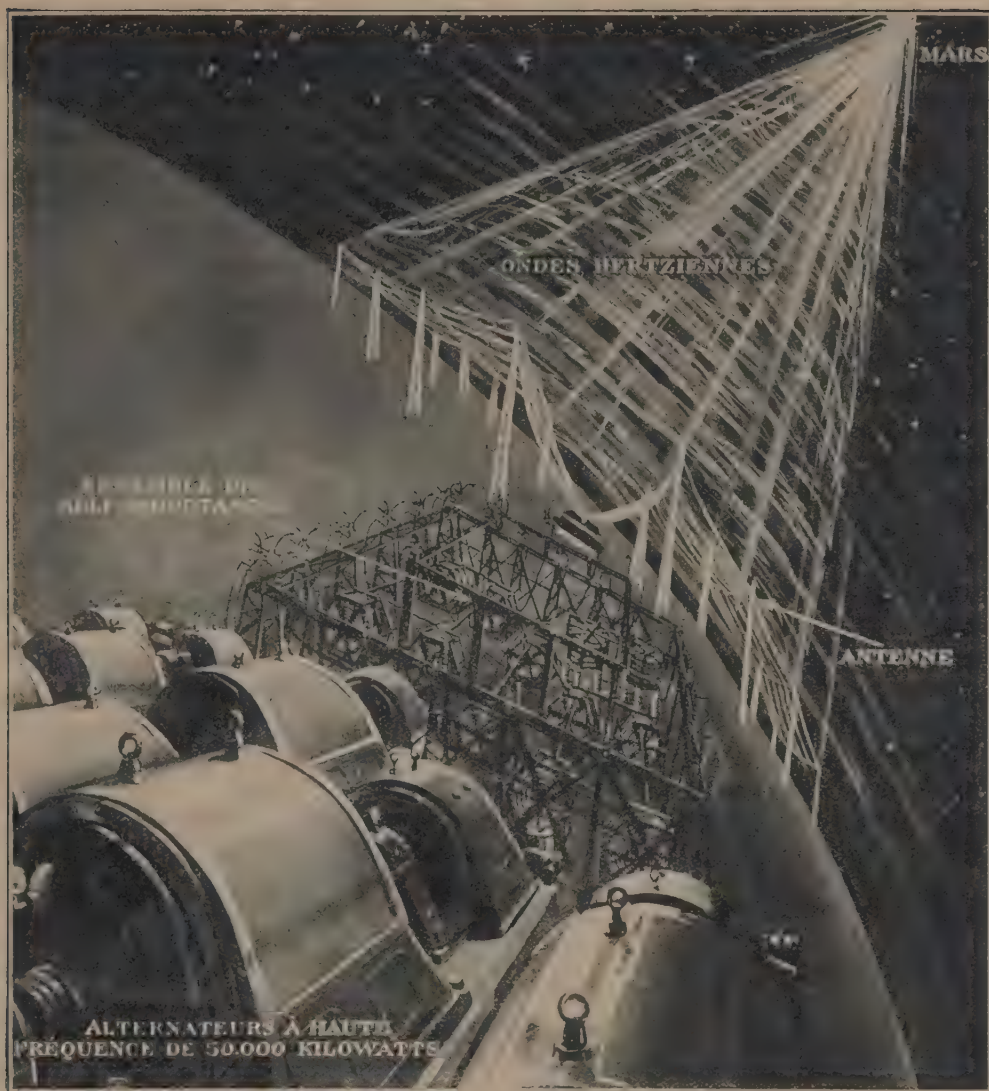


IMAGE APPROCHÉE DES FORMIDABLES INSTALLATIONS QU'IL FAUDRAIT ÉDIFIER POUR LANCER DES ONDES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES, CAPABLES D'ATTEINDRE LA PLANÈTE MARS, MÊME QUAND ELLE EST LE PLUS PRÈS DE SA VOISINE, LA TERRE.

Il n'a pas été possible au dessinateur de mettre une figure humaine à l'échelle, pour donner une idée des dimensions de l'ensemble, parce qu'elle serait imperceptible. D'ailleurs tout cela est imaginé et figuré sans grande précision.

pour l'extraction d'un corps étranger ou l'examen de vos organes, il vous fera, comme on dit vulgairement, « passer aux rayons X, » c'est-à-dire qu'il fera de votre cas une radioscopie (examen aux rayons X) ou une radiographie (photographie aux mêmes rayons). Il emploiera pour cela, soit les rayons mous de 0 mm. 000 000 05 de longueur d'onde, soit les rayons durs et pénétrants de 0 mm. 000 000 03 produits par le tube à vide de Coolidge (plus ou moins durs suivant que le vide a été plus ou moins poussé).

Et ce n'est pas tout.

Nous savons aujourd'hui que les rayons émis par le radium et les substances radio-actives (qui proviennent de la décomposition de la matière, par un mécanisme que nous expliquerons plus loin) ont une longueur d'onde qui, pour les rayons gamma (il y a trois sortes de rayons : alpha, beta et gamma) ne dépasse pas 0 mm. 000 000 01.

Imaginez, si vous le pouvez, ces vibrations qui se propagent dans l'éther, à la vitesse de quelque 250 ou 300 000 kilomètres à la seconde et qui dans un mètre présentent 10 millions de fois une crête et un creux, comme les rides de l'eau frappée par un caillou.

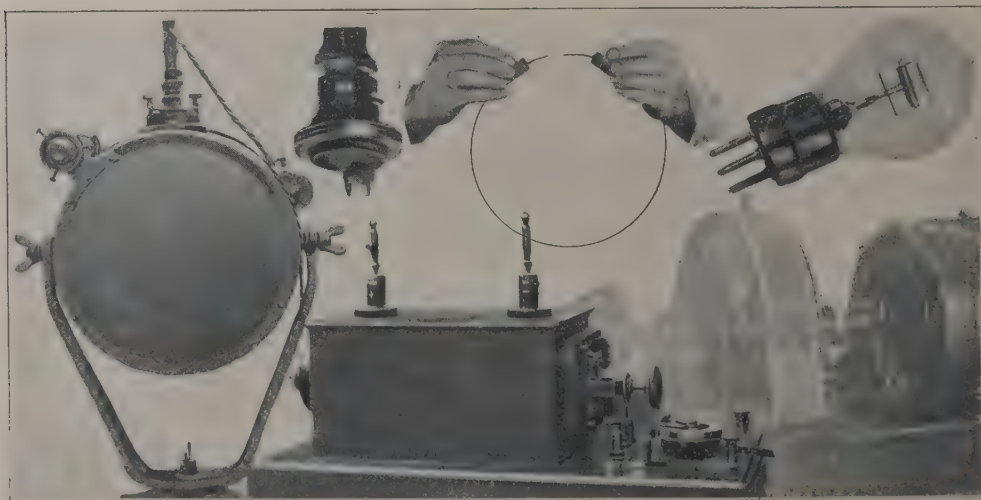
Il y a là, vraiment, de quoi confondre l'imagination !

Nous venons de voir que les phénomènes physiques les plus différents en apparence, tels que le son, la lumière, l'électricité ou la radioactivité, etc., pouvaient, en dernière analyse, se ramener à des vibrations ondulatoires de longueur d'onde, de fréquence et de vitesse de propagation différentes.

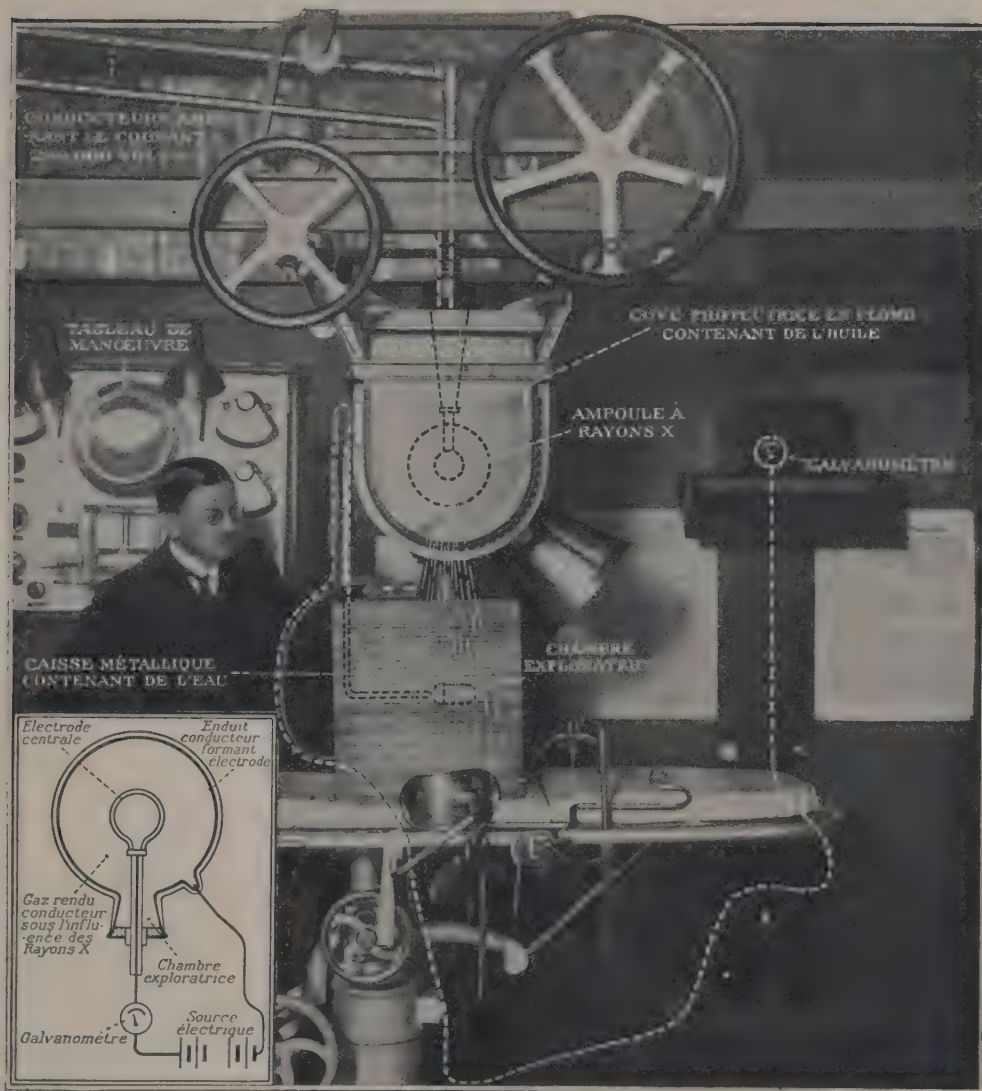
Le célèbre physicien d'Arsonval a classé un certain nombre de ces phénomènes d'après leur fréquence, en partant de la demi-oscillation d'un pendule battant la seconde. En doublant chaque fois le nombre des vibrations par seconde et appelant « octave » par analogie avec l'intervalle qui sépare en musique, les vibrations des gammes, l'intervalle ainsi obtenu, le savant professeur a établi le tableau suivant en prenant pour certains octaves les chiffres donnés par l'expérience (d'ailleurs très voisins des chiffres théoriques).

Nous allons tâcher de nous reconnaître dans ces chiffres dédaléens, car, bien que la guerre nous ait habitué à nous servir de nombres qui eussent effarouché nos pères, ceux-là sont vraiment formidables.

Les premiers octaves correspondant à des oscillations pendulaires de pendules de plus en plus courts, tombent sous les sens.



A GAUCHE, UN PROJECTEUR A LUMIÈRE INFRA-ROUGE. AU MILIEU UN DÉTECTEUR D'ONDES TRÈS SIMPLE. A DROITE UNE LAMPE A 3 ÉLECTRODES DE T. S. F. EN BAS ALTERNATEUR, DYNAMO ET BOBINE DE RHUMKORF DANS SA CUVE A PARAFFINE, APPAREILS PRODUISANT LA LUMIÈRE INFRA-ROUGE ET LES ONDES HERTZIENNES.



« ŒIL » ÉLECTRIQUE POUR RAYONS X.

M. Dauvilier, physicien français a créé le dosimètre à rayons X figuré ci-dessus en utilisant la propriété bien connue de ces rayons de rendre l'air conducteur de l'électricité, alors que normalement l'air sec est isolant.

Sitôt que nous abordons des fréquences un peu plus élevées, le son apparaît, déjà, de 32 vibrations-secondes (c'est la note la plus grave de l'orgue de nos églises — à la cinquième octave, pendant 10 octaves seulement, le son nous restera perceptible, jusqu'à la quinzième, 32 000 vibrations. C'est la limite de perception de notre oreille dans l'aigu. Comme c'est peu! dix octaves et voilà notre organe auditif dont on a tant vanté la finesse et qui devient irrémédiablement sourd — quelques vibrations de plus, quelques vibrations de moins — et tout ce que l'audition pourrait nous apporter de connaissances ou de plaisir est perdu pour nous!

L'électricité vient ensuite qui occupe 20 octaves, de la treizième à la trente-troisième. Nous n'avons pas connaissance des phénomènes qui se produisent de la trente-troisième à la quarante-troisième octave. Il y a là 10 octaves qui échappent complètement à nos sens et à nos instruments. Peut-être y découvrira-t-on un jour la source de faits imprévus et peut-être d'importance capitale.

Voici le tableau du P^r d'Arsonval.

VIBRATIONS ET ONDES

Octaves.			
—			
«		1	
1		2	
2		4	
3		8	
4		16	
5		32	
6		64	
7		128	
8		256	
9		512	
10		1024	1 mille.
15		32 768	32 —
20		1 047 576	1 million.
25		33 554 432	33 —
30		1 073 741 834	1 billion.
35		34 359 738 368	34 —
40		1 099 511 627 776	1 trillon.
45		35 184 372 028 832	35 —
46		70 368 744 177 644	70 —
47		140 737 468 355 328	140,5 —
48		281 474 976 710 656	281,5 —
49		562 949 953 421 312	563 —
50		1 125 899 906 842 624	1 quadrillon.
51		2 251 799 813 685 248	2 —
57		144 115 188 075 855 872	144 —
58		288 230 376 151 711 744	288 —
59		576 460 572 303 432 488	576 —
60		1 152 921 504 606 846 976	1 quadrillon.
61		2 305 843 909 213 693 952	2 —
62		4 611 688 018 427 389 904	4 —

Au-dessus, commence la chaleur qui n'est perceptible à nos sens que dans des limites assez étroites. Elles vont, ces vibrations calorifiques, de la quarante-troisième octave jusqu'à la quarante-huitième.

Chaleur obscure d'abord, puis, à mesure que s'accélère la danse des atomes, tendance à rayonner -- quelque chose de perceptible à nos yeux -- c'est la limite de l'infra-rouge.

Nous touchons ainsi au spectre lumineux perceptible qui comprend la quarante-neuvième et cinquantième octave; encore celle-ci correspond-elle aux rayons dits chimiques (dans l'ultra-violet) que nos yeux ne distinguent déjà plus.

De l'octave 51 à 58, phénomènes inconnus.

Enfin viennent les rayons X dont la gamme s'étend plus que celle de la lumière visible de la cinquante-huitième à la soixante-deuxième octave.

Au delà, la radio-activité, puis plus rien qui soit connaissable par nos sens ou révélé par les instruments qui amplifient et prolongent leur pouvoir, jusqu'à l'extrême.

Maintenant, pour conclure, réfléchissons un peu à ces troublantes constatations.

Qui aurait pu croire, autrefois, qu'une telle diversité de phénomènes cachait une cause unique — la vibration — ne diffèrent-elle-même, du son à la chaleur, de celle-ci à l'électricité, à la lumière visible ou invisible, à la radio-activité que, uniquement par la longueur d'onde et la fréquence? Et l'expérience quotidienne nous prouve bien cette identité puisqu'on peut convertir ces énergies les unes dans les autres. Nous transformons la lumière en chaleur, celle-ci en électricité, celle-ci encore en son.

Peut-être un jour trouverons-nous le trait d'union et quelque jour aussi l'infinité des corps qui nous entoure se réduira-t-elle à du mouvement?

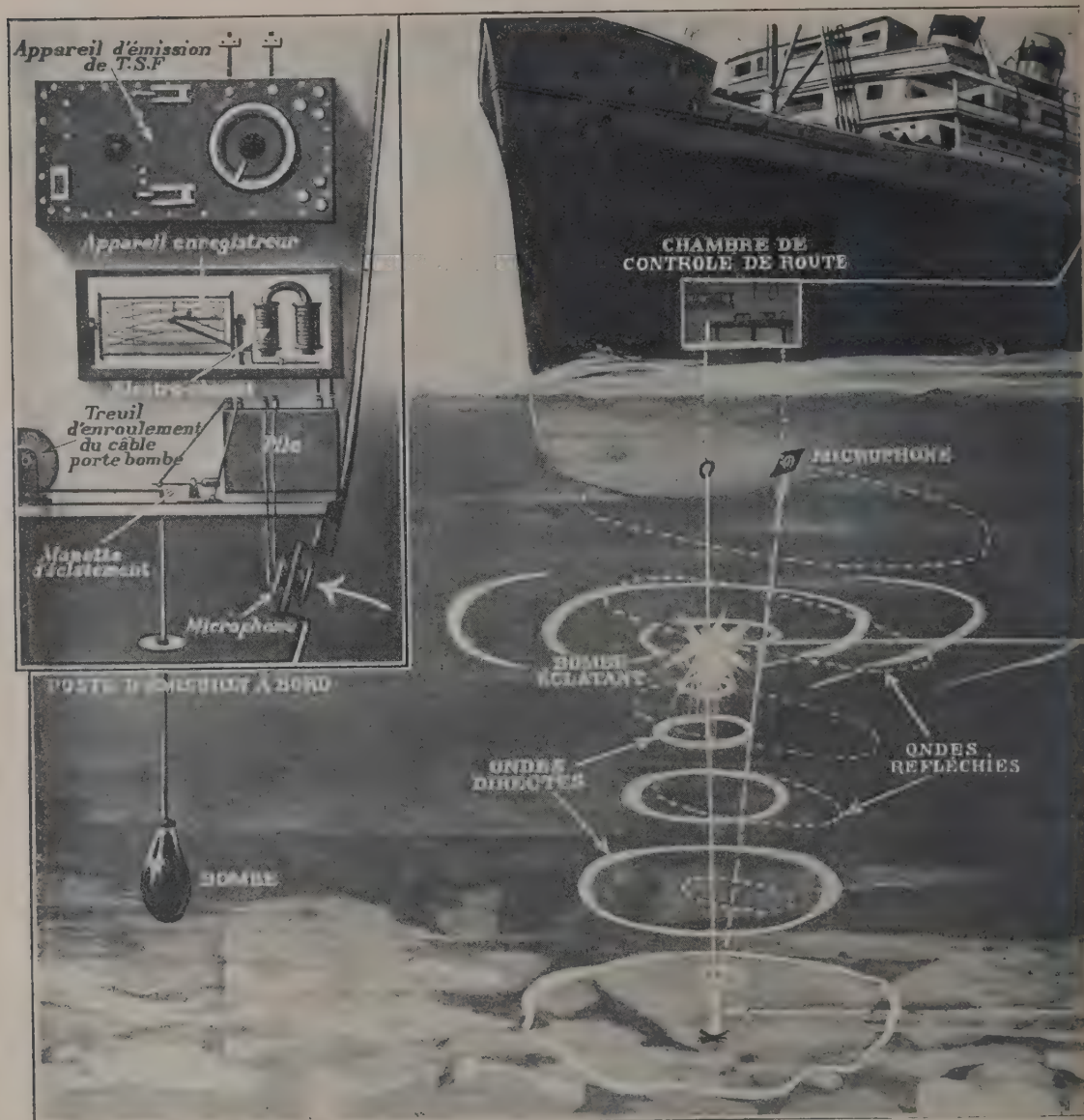
Cette idée choque notre expérience étroite parce que nous avons l'esprit pétri du dogme de la dualité de l'Énergie et de la Matière; celle-ci étant le support de celle-là; mais les découvertes de tous les jours démolissent peu à peu ce vieux dogme et nous avons vu que l'atome, tel que le conçoivent les grands savants de l'école moderne est du « mouvement et rien de plus », suivant la parole du grand physicien anglais Rutherford.

Ces vibrations mettent en jeu une puissance colossale, qui trouve sa source la plus connue et la plus rationnelle dans l'énorme énergie intra-atomique. On appelle ainsi la force condensée dans l'atome, et qui, jusqu'à ces tout derniers temps était insoupçonnée. Pendant longtemps, même après que l'on eut entrevu la constitution intime de cette unité matérielle, l'atome, on croyait qu'il était immobile, composé de parties s'attirant ou se repoussant statiquement, c'est-à-dire en équilibre stable, et n'ayant aucune tendance à faire varier leur situation respective ni aucune possibilité de le faire.

Nous savons aujourd'hui qu'il n'en est rien et que l'édifice atomique, tel qu'un petit système solaire en miniature, avec ses planètes, est en perpétuelle révolution; qu'une force énorme y est concentrée, et que, dans certains cas (par exemple dans la radio-activité) cette force peut se manifester à l'extérieur avec une stupéfiante intensité.

C'est probablement la source d'énergie la plus puissante, et le jour où l'homme pourra provoquer et utiliser sa mise en liberté par désintégration de la matière, les conditions de la vie et de la civilisation humaines seront entièrement bouleversées. Il est d'ailleurs infiniment probable que le savant qui fera cette découverte, pour peu qu'il arrive à décomposer quelque peu de matière succombera, lui, son laboratoire et sa maison, emportés par la violence d'une explosion formidable.

Les mesures de Curie ont prouvé que 1 gramme de radium-métal émet 100 calories grammes par heure, c'est-à-dire la quantité de chaleur suffisante pour élever de 1 degré centigrade la température de 100 grammes d'eau ou de porter à l'ébullition, à la pression atmosphérique 1 centimètre cube d'eau

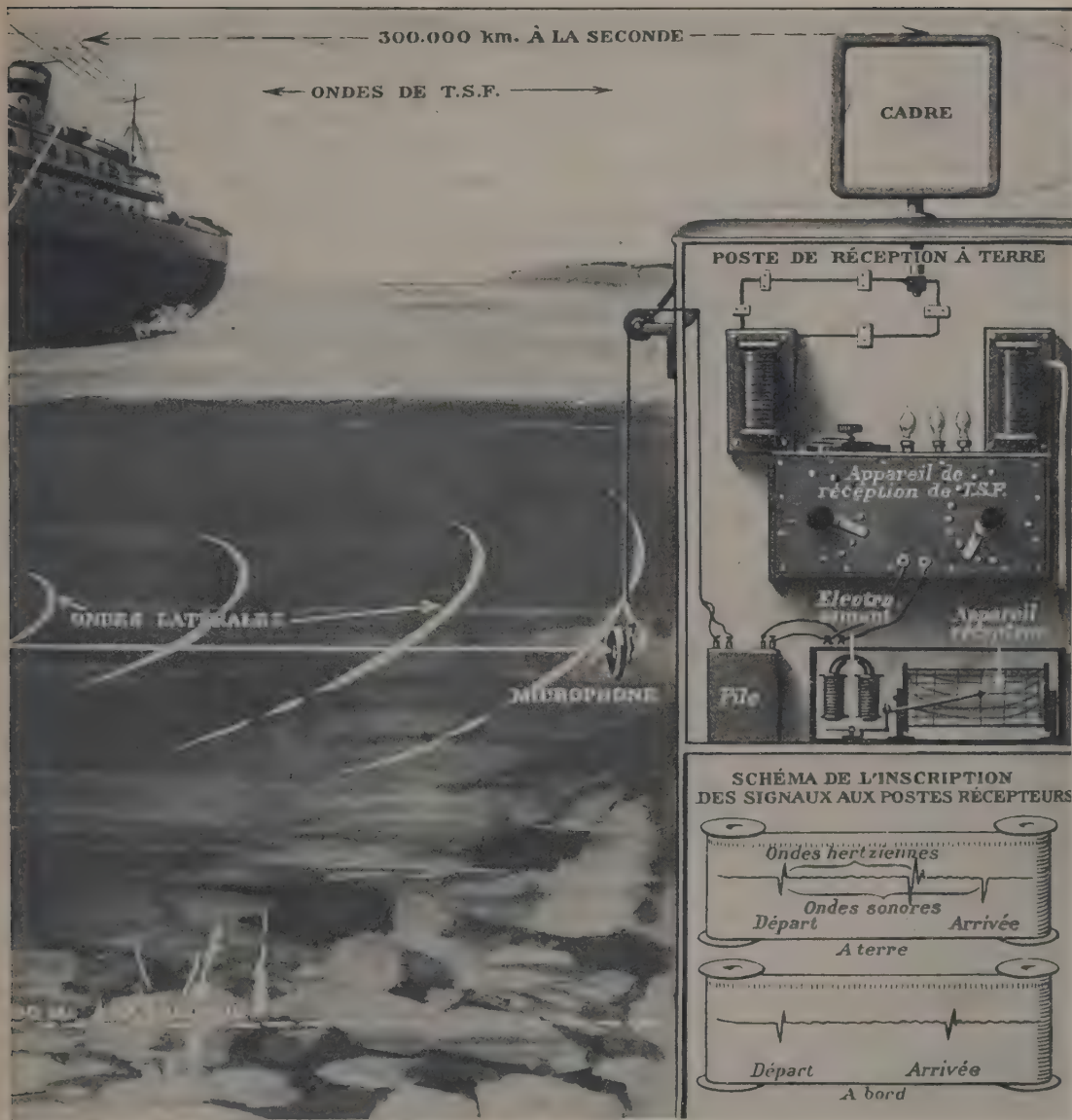


SONDAGES PAR ONDES SONORES, ET SIGNALISATION

Les signaux phonétiques (ou sonores) aériens, tels que les sirènes, cloches et sifflets sont, sur nos côtes, notablement insuffisants; la catastrophe de l'Égypte, ce paquebot perdu corps et biens sur les récifs, de la côte bretonne l'a cruellement démontré, récemment.

Les appareils que nous figurons ici, mis au point par le service hydrographique de la Marine française sur les indications du colonel Driencourt et de l'ingénieur Marty, répondent à une double utilisation; 1^o sonder les fonds, 2^o renseigner sur la distance de la côte.

Un navire, muni de ces dispositifs, s'en sert de la manière suivante. *Faisant éclater une bombe suspendue à un câble qui sort du navire, on note le moment de l'explosion, puis on écoute par le moyen du microphone qui se trouve placé le long de la coque du navire. Quand l'onde sonore arrive au fond de la mer, elle se réfléchit et les ondes réfléchies véritable écho prennent un chemin inverse, elles reviennent donc vers le navire. En notant le temps qui sépare le moment de l'explosion, de celui où l'on en perçoit l'écho, connaissant d'autre part la vitesse du*



SOUS-MARINES PAR ONDES SONORES ET HERTZIENNES.

son dans l'eau, il suffit de multiplier le temps par le chiffre représentant la vitesse du son en mètres par seconde pour avoir le double de la profondeur de la mer à cet endroit.

Pour ce qui est de la distance horizontale du navire à la côte, elle est mesurée également par le temps qui met le son de la bombe à arriver à terre. Ce temps est facilement mesuré par le moyen de la T. S. F. Celle-ci dans le même instant de l'éclatement de la bombe lance un signal; l'intervalle de temps qui sépare l'arrivée du signal de T. S. F. de celle de l'onde sonore directe, multiplié par la vitesse du son dans l'eau donne le gisement du navire compte tenu de la vitesse des ondes hertziennes, soit 300 000 kilomètres-seconde. par rapport à la côte il suffit alors d'expédier par T. S. F. ou téléphonie sans fil le résultat au navire qui sera désormais en possession de ces 2 renseignements très importants, profondeur de la mer portée sur les cartes marines et distance de la côte complétés s'il le faut par des indications radiogoniométriques, dont nous parlerons ailleurs.

distillée. Cela fait 876 000 calories par an. Or, si la durée de la vue de un gramme de radium est ainsi qu'on le suppose avec toute vraisemblance de 1 000 ans, on voit l'énormité du chiffre atteint; on peut en transformant ces calories en kilogrammètres, à raison de 425 kilogrammètres pour une grande calorie, apprécier le travail fabuleux que peut produire un seul gramme de matière. Et n'oublions pas que le radium, ainsi que nous l'avons dit plus haut émet plusieurs sortes de radiations (lumineuses, électriques, etc., etc.) dont les radiations calorifiques ne représentent qu'une partie.

Comment dira-t-on, peut-on concevoir tant de force dans si peu de matière?

Cela est facilement concevable avec ce que nous savons des lois de la mécanique — la force vive est le produit de plusieurs facteurs telles que la masse et la vitesse que l'on peut faire varier dans des proportions quelconques sans changer le résultat, à condition que ces proportions se correspondent.

Tout ceci est un peu aride et nous nous excusons d'être obligés de l'exposer en termes un peu abstraits; mais ces considérations sont d'un tel intérêt, elles promettent des résultats prochains si féconds et si inattendus qu'il est impossible de n'en pas faire état.

D'ailleurs, nous allons concrétiser ces notions par des chiffres étonnants, bien que rigoureusement exacts, tangibles même, si l'on peut dire, et prouver que, théoriquement, tout au moins, et peut-être même bientôt pratiquement, rien ne s'oppose à ce que l'on puisse renfermer une machine grosse comme une tête d'épingle et plus puissante que des milliers de locomotives, dans le « chaton d'une bague » selon la saisissante expression du savant docteur Gustave Le Bon, qui a tant fait pour mettre en lumière et vulgariser la notion de l'énergie intra-atomique.

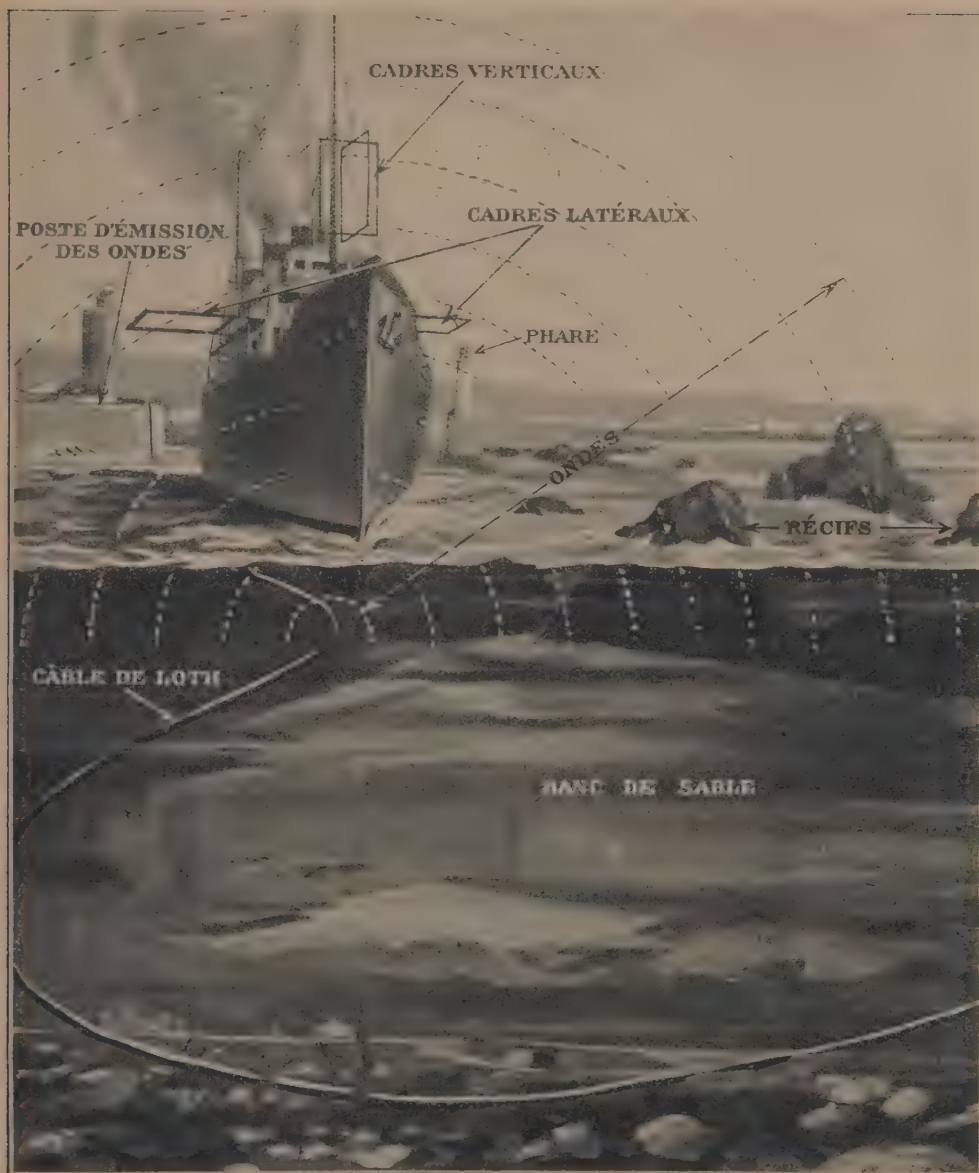
Sans rapporter le détail des calculs et des formules, disons seulement qu'il nous donne dans son magnifique livre « l'Évolution de la Matière » l'exemple d'une balle de fusil Lebel qui pèse 15 grammes et qui nécessite 2 g. 75 de poudre pyroxylée pour acquérir une vitesse initiale de l'ordre de 800 mètres à la seconde. Pour acquérir la vitesse des radiations les plus lentes du radium qui font environ 100 000 kilomètres à la seconde (d'autres radiations ayant une vitesse voisine de celle de la lumière soit 300 000 kilogrammes-secondes, la balle, lancée dans le vide (pour éliminer la résistance de l'air) devrait peser, avec la même charge de poudre, un peu moins de 6 dix-millionnièmes de milligramme.

Et si au contraire, nous lui conservons son poids de 15 grammes, pour lui donner la vitesse considérée de 100 000 kilomètres-secondes, il faudra employer au lancement une quantité de poudre de 67 000 000 de kilogrammes soit 340 000 barils de poudre de 50 kilogrammes chacun.

D'autres exemples sont encore plus suggestifs.

Le savant professeur Dufour, de la Sorbonne, dans la description de l'Oscillographe cathodique dont il est l'inventeur et qui mesure et inscrit le millionième de seconde, nous dit que pour faire vibrer, à la fréquence de 10 millions par seconde une masse de 1/10 de gramme, avec l'insignifiante (ou qui paraît telle) amplitude de 1/10 de millimètre, il faudrait réaliser une force de 4 000 tonnes-poids, c'est-à-dire équivalente à l'effort exercé par la charge de 400 wagons de marchandises, supposés suspendus à un câble.

Tout ceci est parfaitement d'accord avec les lois les plus élémentaires de la



LE CÂBLE DE LOTH POUR LA DIRECTION DES NAVIRES ET DES AVIONS
DANS L'OBSCURITÉ OU LA BRUME.

On sait depuis longtemps que les corps conducteurs parcourus par un courant électrique développent autour d'eux un champ magnétique dont les lignes de force sont disposées concentriquement dans un sens perpendiculaire à l'axe du conducteur. Si donc on dispose le conducteur dans une passe étroite, ou à l'entrée d'un port, par exemple, dans le chenal et qu'on le fasse parcourir par un courant alternatif intense, si on installe d'autre part sur les navires des cadres récepteurs d'ondes de T. S. F. orientables et convenablement disposés sur le navire, les cadres détecteront un courant au passage des lignes de force. Si ces cadres sont en rapport avec un amplificateur et un récepteur téléphonique, on entendra dans celui-ci un ronflement d'autant plus fort que l'on se rapprochera davantage de câble immergé.

dynamique qui dit que l'on peut accroître à volonté l'énergie d'un corps, de masse constante, simplement en accroissant sa vitesse, et ceci d'autant plus vite, que dans la formule de la force vive le chiffre des vitesses est affecté d'un coefficient au carré, ce qui veut dire que si l'on double successivement la vitesse, la force est multipliée par 4, puis par 16, ensuite par 64, puis 256, etc., etc. Et cela nous permet de concevoir la machine hypothétique du docteur Le Bon — « la tête d'épingle tournant dans la chaton d'une bague ».

Si l'on prend une petite sphère de bronze de la densité de 8,842, de 3 millimètres de rayon, pesant 1 gramme et tournant dans le vide (pour la même raison que nous avons dite au sujet de la balle de fusil) comme la terre autour de l'axe passant par ses pôles — de manière que sa vitesse de giration équatoriale (c'est-à-dire au niveau de ce qui représente sur la sphère, l'équateur terrestre) avec la vitesse des particules émises par le radium et la matière dissociée et que le docteur Le Bon évalue à 100 000 kilomètres à la seconde, sa force vive, calculée donnera 203 873 millions de kilogrammètres — travail équivalent à celui fourni pendant une heure par 1 510 locomotives de 500 chevaux-vapeur de force respective!...

Arrêtons-nous ici, nous pourrions énumérer à l'envi des exemples tout aussi typiques, mais les chiffres mis en jeu sont vraiment trop colossaux; et pourtant, nous devons y habituer notre esprit, comme à un ordre de grandeur qui peut-être bientôt nous deviendra familier.

Déjà nous jonglons avec des nombres qui eussent effaré nos pères. Dans leur honnête simplicité, en effet, nos ancêtres n'usaient que de nombres qui nous paraissent bien minimes. Un paysan pouvait borner sa numération à quelques dizaines et cela lui suffisait amplement pour chiffrer, les mois et les jours, les sols, deniers, écus et pistoles des salaires, les arpents de sa terre, les écus de ses gains, les sacs ou les barriques de sa récolte, sans oublier le chiffre de la dîme, des tailles, aides et gabelles — chiffre néfaste, toujours trop élevé et que le digne homme ne comptait sur ses doigts qu'en mangréant.



L'IMPLACABLE CHASSEUR AUTOMATIQUE DE NAVIRES

APRÈS nous être divertis un instant aux services domestiques et un peu amusants de l'électricité, disons quelques mots d'une application toute moderne et hélas bien terrible, de cette même omnipotente électricité.

Il y a quelques mois, les Américains ayant à effectuer des expériences de lancement de bombes d'avions sur les navires de guerre, utilisèrent à cet effet le vieux cuirassé *Iowa* qui, bien entendu, n'avait personne à bord : il était dirigé de terre à l'aide des ondes hertziennes telles que celles que l'on utilise dans la télégraphie sans fil.

Sans entrer dans le détail des appareils, disons deux mots du principe appliqué dans la circonstance; il n'est point nouveau. Dès que Branly eut, à l'aide de son cohéreur, trouvé un moyen pratique de déceler les ondes hertziennes invisibles, cette application nouvelle de l'électricité appelée télé mécanique, fut immédiatement envisagée et une réalisation tout au moins sommaire en fut tentée par Branly lui-même.

Voici comment on peut concevoir la chose : lorsqu'une antenne rayonne dans l'espace un train d'ondes, l'énergie mise en jeu, pour considérable qu'elle soit, ne peut être recueillie à quelque distance que dans une proportion infime atteignant à peine à quelques kilomètres à la ronde le millionième de l'énergie libérée avec le signal de T. S. F. dans l'antenne de départ.

Donc, il était impossible de songer à utiliser une si faible énergie telle qu'elle pour actionner les machines, les moteurs ou le gouvernail d'un navire. La solution fut tout de suite trouvée; c'est la même que l'on emploie encore aujourd'hui dans tous les systèmes de télégraphie ou de téléphonie sans fil, ou encore de télé mécanique.

Elle consiste à se servir de l'énergie infime recueillie par l'antenne du poste récepteur (en l'espèce du navire en expérience) pour actionner un relais qui lui-même donnera l'impulsion aux différentes machines ou aux différents organes du navire dirigé par les ondes hertziennes.

Qu'est-ce donc qu'un relais? C'est une source locale d'énergie (dans le cas qui nous occupe, d'électricité) qui est mise en service à l'aide du signal très faible reçu par l'antenne.

Le premier modèle était le cohéreur de Branly; c'était un tube en verre rempli de limaille métallique entre deux pistons également métalliques. Quand cet engin était frappé par des ondes électriques voyageant dans les airs, et

captées par une antenne, il devenait conducteur de l'électricité et par conséquent, si les deux pistons métalliques se trouvaient intercalés dans le circuit d'un courant local, le courant passait à travers le tube à limaille. Le moindre choc, en détruisant cette cohérence spéciale interrompait le courant local.

On conçoit par conséquent que si au poste récepteur se trouvait intercalé dans le circuit d'une batterie de piles ou d'accumulateurs un cohéreur de Branly, celui-ci frappé par des signaux envoyés de loin mettait immédiatement en branle toutes les machines qui pouvaient être alimentées par la batterie locale de piles ou d'accumulateurs; c'est ainsi que l'on pouvait allumer un phare, mettre en route des machines, faire tourner des gouvernails, etc., etc.

Mais ce système, dans sa simplicité, présentait un inconvénient capital. Il suffisait en effet pour le mettre en branle qu'un train d'ondes parasites égarées dans l'espace passe à portée (et nous savons que ces ondes voyageuses remplissent l'atmosphère et même s'étendent au delà de la couche d'air qui enveloppe la terre, provenant de toutes sortes de décharges orageuses ou terrestres, ou magnétiques, peut-être même solaires); ce qui fait que les appareils de télé mécanique pouvaient être mis inopinément en jeu, à leur grand dommage.

Depuis, de grands progrès ont été effectués dans la réception des ondes, dans leur émission, dans la modulation des ondes entretenues dont nous avons expliqué la signification à propos de la téléphonie sans fil, mais encore et surtout à l'égard de ce que l'on appelle la sélection, c'est-à-dire le choix fait par l'appareil récepteur lui-même des ondes qui doivent l'actionner à l'exclusion de toutes autres vibrations parasites. Mais les sélecteurs même perfectionnés ne peuvent pas toujours s'y reconnaître dans des signaux brouillés intentionnellement.

Il fallait donc trouver autre chose et les Américains semblent serrer la question de très près avec un petit appareil qui, s'il n'est pas encore parfait, présente cependant des probabilités certaines de réussite et une terrible efficacité en temps de guerre.

Cela tient vraiment du prodige, avec quelque chose de mystérieux et de terrible qui aurait plongé nos pères dans l'effroi et qui dépasse les anticipations d'un Wells ou d'un Jules Verne. Cet appareil consiste en un chariot mobile sur trois roues ou bien en une petite embarcation. Il présente la particularité remarquable et presque effrayante de suivre le mobile contre lequel il est lancé, quoi que fasse celui-ci pour se débarrasser de sa poursuite. Bien au contraire, plus le poursuivi lancera de rayons ou d'ondes pour essayer de détourner le poursuivant et plus celui-ci s'attachera à sa proie, ne laissant d'autre alternative au vaisseau visé que de se défendre à coups de canon et de couler le brûlot avant qu'il ne vienne au contact de sa coque et ne le fasse sauter.

Ceci a l'air fantastique et pourtant sa réalisation est relativement simple. Nous allons essayer de la faire comprendre.

Nous avons dit que cet engin pouvait être actionné par des rayons lumineux, des rayons calorifiques ou des ondes hertziennes, en un mot, par plusieurs sortes de ces ondes universelles que nous avons apprises, dans un autre chapitre, à connaître et à dénombrer.

Celui qui utilise les rayons lumineux se compose d'une petite embarcation munie d'un moteur quelconque faisant tourner l'hélice et d'un gouvernail mû par un relais électrique, de même que les diverses commandes de la machine (marche avant, arrière, arrêt, etc.).



« The Scientific American ».

LA DESTRUCTION DU CHASSEUR AUTOMATIQUE.

Contre cet engin implacable qui s'acharne à la poursuite de sa proie comme attirée par elle, toutes les armes défensives et offensives devront être utilisées, canon, torpille, etc. Mais le procédé de choix pour sa destruction sera l'avion, car, le chasseur automatique n'étant pas monté par un équipage ne pourra se défendre. Ce document représente l'attaque du navire par un avion parti de terre ou de la plate-forme d'un vaisseau porte-avion.

Cette embarcation diabolique porte à l'avant, comme des yeux, de chaque côté de son étrave, deux grosses lentilles de verre derrière lesquelles se trouve : soit une cellule de sélénium, soit une ampoule photo-électrique, ces deux

organes jouissant de la propriété — ainsi que nous l'avons expliqué par ailleurs — d'être plus ou moins conducteurs de l'électricité suivant qu'ils sont frappés par un rayon lumineux plus ou moins intense.

Dès lors, on comprend que le brûlot étant mis en route et lancé contre un navire, si celui-ci projette dans sa direction un faisceau lumineux, puissant (ce qui est indispensable, la nuit pour le reconnaître et le canonner) le brûlot, se mettra immédiatement en route dans la direction de la lumière et la suivra continuellement, quelque direction que celle-ci prenne et quelque détour que fasse le navire poursuivi; cela se conçoit.

En effet, quand le faisceau lumineux frappe également les deux lentilles (nous dirons les deux yeux de l'engin) celui-ci suit une ligne parfaitement droite et irait infailliblement rejoindre la source lumineuse.

Que celle-ci fasse un angle avec la direction suivie d'abord, immédiatement une des lentilles recevant plus de lumière que l'autre rend plus conductrice la cellule photo-électrique placée derrière et la différence de courant ainsi obtenue est amplifiée et transmise par l'intermédiaire d'un relais au gouvernail qu'elle actionne pour diriger le brûlot du côté de la source lumineuse. Sitôt que la bonne direction est rejointe, l'action des deux yeux s'équilibre et de nouveau le brûlot suit la route rectiligne.

Ceci présente vraiment quelque chose d'effarant : dans les expériences préliminaires, un de ces appareils monté sur un petit chariot à trois roues, dont les deux premières étaient motrices et la dernière directrice, suivait dans tous ses mouvements une lampe électrique placée devant elle et qu'on déplaçait dans une direction quelconque; les premiers spectateurs de cette mystérieuse réalisation avaient la stupeur de voir ce petit chariot avec ses deux gros yeux de verre suivre la lumière comme une bête fascinée, aveuglément obéissante, et tous songeaient qu'en temps de guerre un torpilleur semblablement équipé se précipiterait vers sa victime en dépit de tous les efforts de celle-ci pour se débarrasser, étant prise dans ce dilemme : ou d'éclairer le torpilleur pour le couler à coups de canon — et alors de l'attirer invinciblement contre sa propre coque ou bien d'éteindre les projecteurs, et alors intervenait le second moyen d'attraction par les ondes hertziennes.

On sait que les ondes voyageuses sont captées par des cadres munis de plusieurs spires de fil isolé, avec d'autant plus d'intensité que le plan du cadre est orienté dans la direction de la source des ondes.

Donc, notre brûlot porte à l'avant deux cadres récepteurs disposés à 90° l'un de l'autre. Quand le navire poursuivi émet des ondes destinées à brouiller les appareils récepteurs de l'assaillant, tant que les deux cadres reçoivent les mêmes quantités d'énergie, le torpilleur se dirige invinciblement vers la source des ondes, c'est-à-dire vers le vaisseau à torpiller. Mais si pour une raison quelconque la direction change, par un mécanisme exactement semblable à celui qui s'est produit avec les rayons lumineux dans le cas exposé tout à l'heure, rectifie de lui-même sa trajectoire et suit invinciblement le navire qu'il assaille comme si s'il était attiré vers lui par un aimant irrésistible, et les torpilles automobiles de la dernière guerre sembleront à nos enfants aussi démodées que les canons de bronze à lumière ou que le brûlot du célèbre Canaris.

LA FIN D'UN MYSTÈRE

LE nombre des problèmes irrésolus que la Nature nous pose tous les jours diminue sans conteste; mais combien de mystères restent encore à élucider!

C'est une des caractéristiques de notre temps que cette âpre recherche de la vérité dans tous les domaines, cette soif de certitude scientifique, cette chasse acharnée de toutes les légendes et de toutes les fables qui ont si longtemps bercé l'ignorance humaine.

Tout se tient dans le domaine de l'intelligence et dans un tableau de la vie scientifique et industrielle moderne, on ne saurait taire les grandes découvertes dans les sciences naturelles, qui aujourd'hui paraissent n'avoir qu'un intérêt purement spéculatif et qui demain peut-être seront la source de grands progrès économiques!

C'est pourquoi l'homme cultivé doit suivre avec intérêt les recherches dans tous les domaines, même ceux qui paraissent à première vue absolument étrangers à la science appliquée ou industrielle.

Parmi les découvertes de ces derniers temps, aucune n'est plus troublante et d'un intérêt plus vif que celle qui, tout récemment, vient de mettre en lumière les mœurs d'un poisson connu de tous temps, mais dont la reproduction et les habitudes étaient entourées d'un irritant mystère, qui depuis les temps d'Aristote, passionnait les savants et les chercheurs.

Retraçons en quelques mots l'histoire singulière des anguilles, ce poisson en forme de serpent long, gluant, glissant, vorace et dont l'habitat s'étend, en Europe tout au moins, à toutes les eaux douces, courantes ou dormantes même les plus fermées. Jusqu'à ces temps derniers on ignorait absolument le genre de reproduction de ce vertébré, puisqu'on n'avait jamais retrouvé dans les fleuves mares ou rivières ni œufs, ni jeunes, ni même adultes en état de reproduction.

On savait seulement qu'au printemps tous les estuaires des fleuves, toutes les embouchures de rivières, celles des plus petits ruisseaux, de même que les pertuis qui font communiquer les étangs avec la mer, étaient envahis par une telle multitude de petites anguilles longues de 6 à 7 centimètres que les eaux en étaient chargées au point que cela ressemblait à la montée d'une marée vivante.

Nos pêcheurs appelaient ces anguilles minuscules, des civelles, des piballes ou des montasses, suivant le pays; et, dans plusieurs endroits on en consommait de grandes quantités.

Ces civelles font montre d'une agilité et d'une persévérance extraordinaires pour remonter dans les eaux douces.

Nous nous rappelons que sur la côte de la Méditerranée, à Vergelis, près de l'étang de la Nouvelle, nous les avons vues envahir jusqu'aux caniveaux d'arrosage des vignes : on en trouvait même dans les godets des norias qui montent l'eau des puits.

Il faut d'ailleurs bien croire que les anguilles adultes quittent par les temps de pluie l'eau pour se diriger vers les mares et les étangs; c'est la seule façon dont on puisse s'expliquer leur présence dans les endroits les plus extraordinaires tels que des mares, des abreuvoirs ou même des fosses à purin ou des égouts. Les poissons ordinaires ou les batraciens peuvent y parvenir au moyen de leurs œufs qui sont gluants et peuvent adhérer aux pattes et aux plumes des



LA « DANA », CHALUTIER DE 325 TONNES, DU P^r SCHMIDT.

oiseaux aquatiques migrateurs, mais non les anguilles puisqu'on ne retrouve jamais dans ces eaux ni larves, ni jeunes individus.

Cela nous rappelle encore un souvenir personnel que le lecteur voudra bien nous permettre de rapporter ici : un jour, un peu avant l'aurore, battant une pièce de luzerne à la poursuite d'une « passée » de cailles, laquelle luzerne était coupée de canaux d'irrigation, et ayant tiré au jugé dans une touffe d'herbe qui s'agitait, nous tuâmes une superbe anguille qui pesait plus de 2 livres.

Quel que soit le chemin utilisé, l'anguille, arrivée au lieu de son choix, douée d'un appétit féroce, commence une vie franchement déprédatrice.

Elle se jette avec une grande voracité sur tout ce qui remue : têtards, grenouilles, alevins, petits poissons, insectes aquatiques ou terrestres tombés dans l'eau, tels que les grillons ou les courtilières dont elle est très friande.

Elle ne dédaigne point non plus les mollusques et crustacés; sans parler des baies qui servent quelquefois à la capturer tels que les grains de raisins; en somme, elle se jette avec vivacité sur toutes sortes d'appâts.

A ce régime, elle grossit vite et peut atteindre et dépasser le poids de 5 kilogrammes, exceptionnellement d'ailleurs, mais les individus de 3 livres et demie à 4 livres sont assez communs.

Au bout d'un temps indéterminé, mais sûrement qui n'est pas moindre de plusieurs années, l'anguille éprouve le besoin de se reproduire.

Elle entreprend alors un voyage en sens inverse de celui qu'elle a accompli à l'arrivée, et, du plus lointain des lacs de montagnes, des tourbières perdues au fond de la Scandinavie ou de la Russie, elle s'efforce de regagner la mer; réunies quelquefois par deux ou trois, elles se mettent en boule, en forme de peleton serré et se laissent rouler par le courant dans le lit des rivières.

On les retrouve dans le Sund, les Belts et le Cattégat qui font communiquer la Baltique et la mer du Nord; on en trouve encore quelques exemplaires dans la Manche, toujours faisant route à l'ouest autant qu'on en peut juger; puis leur trace se perd définitivement. Une seule fois, il y a une trentaine d'années on en a trouvé une qui avait plus d'un mètre de long dans l'estomac d'un cachalot pêché dans les parages des Açores : capture prophétique.

Mais cela ne donnait aucune indication sur ce que devenait la masse énorme de poissons qui disparaissait tous les ans dans les mers et qu'on ne revoyait jamais remonter les fleuves, à l'inverse du saumon qui, lui, descend bien à la mer à chaque automne, y disparaît également d'ailleurs (car on a jamais pêché de saumon en mer), mais remonte au printemps suivant pour frayer, c'est-à-dire pondre aux endroits où il est né.

On a souvent eu des exemples de ce fait en capturant de jeunes saumons auxquels on rivait un anneau métallique dans les nageoires ou la queue et qu'on repêchait les années suivantes aux lieux mêmes où ils avaient été capturés une première fois.

L'anguille, elle, disons-nous, ne reparaît jamais dans les eaux qu'elle a habitées pendant toute sa croissance.

Que devient-elle? Ceci est un mystère. Meurt-elle après avoir accompli son voyage nuptial et sa ponte? On ne le sait pas et il est possible qu'on l'ignore toujours car le lieu où s'effectue cette ponte est situé en plein Atlantique au-dessus d'insondables abîmes.

Quoi qu'il en soit, c'est surtout pendant la descente en masse vers les océans que les pêcheurs capturent les plus grandes quantités d'anguilles et les plus belles.

Notre éminent Maître, le P^r Roule, du Muséum, dont l'immense érudition n'ignore rien de ce qui concerne les mœurs des poissons et l'industrie des pêcheries, estime à plus d'un million de kilogrammes tous les ans la récolte des pêcheurs d'anguilles, rien que dans les eaux françaises. Si l'on y joint l'énorme quantité de ces poissons capturée en Baltique, dans les détroits danois, à l'embouchure des lagunes italiennes, on arrive à un total de plusieurs centaines de millions de poissons.

Nous disions donc que tout récemment encore la trace de l'anguille était perdue peu après son retour à la mer et le mystère était impénétrable, lorsqu'en 1896 les deux savants italiens Grassi et Calendruccio, ayant capturé dans les parages du détroit de Messine, qui sépare la côte italienne de la Sicile, un poisson plat en forme de feuille de saule, très transparent, appelé leptocéphale brevirostre et l'ayant mis en aquarium, eurent la surprise de le voir se métamorphoser en anguille. Le leptocéphale n'était donc autre qu'une larve d'anguille!



LE PR JOHS SCHMIDT DANS SON LABORATOIRE A BORD DU CHALUTIER « DANA ». LE PROFESSEUR
ÉTUDIE LES LARVES DE POISSONS QU'IL VIENT DE PÊCHER.

On crut la question résolue et que notre poisson pondait en Méditerranée, où cependant aucun autre leptocéphale n'était capturé, lorsqu'en 1904, un jeune savant danois, le Dr Johs Schmidt, étudiant autour de l'Islande les antiques pêcheries de morues qui s'y trouvent, jeta son filet d'étamine serrée, un beau jour, au large des îles Féroé, dans l'espoir de recueillir des œufs de morue à divers stades de développement; quelle ne fut pas sa surprise de ramener parmi la masse des algues flottantes, des petits crustacés, méduses, etc., plusieurs leptocéphales. Il était certain que d'aussi petits êtres, et tellement dépourvus de puissance natatoire, ne pouvaient provenir du bassin médian ou même occidental de la Méditerranée et, par Gibraltar être remontés si loin

dans le Nord, d'autant plus que, quelques mois plus tard, d'autres exemplaires furent découverts sur la côte occidentale de l'Irlande.

Il devenait donc certain que si la ponte avait lieu dans les abîmes Thyréniens, aux environs des côtes siciennes, tunisiennes ou calabraises, on devait y rencontrer des individus à des stades d'évolution moins avancés, puisque certaines de ces larves avaient eu le temps, avant leur métamorphose de faire de si longs voyages.

Alors commença une exploration méthodique de la mer Baltique, de la mer du Nord, de la Manche, de l'Atlantique depuis l'Islande jusqu'à Gibraltar, ainsi que de nouvelles recherches en Méditerranée.

Cette enquête fut décisive; partout dans cette immense étendue où des milliers et des milliers de fois le filet d'étamine avait été promené, on trouva des larves très développées ou des civelles, mais point de jeunes embryons.

Dans la Méditerranée même on ne trouva point d'autres leptocéphales, à preuve que l'individu de Messine était un échantillon presque unique, égaré dans ces parages, et d'ailleurs tout près de sa métamorphose puisqu'elle s'accomplit dans le cristalliseur du Pr Grassi; mais en revanche, on fit une abondante récolte d'œufs et de larves de carynes (qui sont des anguilles de mer) ainsi que de plusieurs espèces de murènes qui ne sont point non plus sans ressemblance avec l'anguille commune.

Quoi qu'il en soit de ces espèces, la preuve était faite qu'elles se reproduisaient dans la Méditerranée, à l'exclusion des véritables anguilles.

Ce résultat négatif au point de vue qui nous occupe était formel; pas de ponte, ni de reproduction d'anguilles en Méditerranée; mais alors, la question restait entière. Où donc ces poissons se reproduisaient-ils?

A première vue, chercher des œufs à peine plus gros qu'une tête d'épingle, translucides et, par conséquent presque invisibles dans l'eau, et des embryons de quel-



UN COUP DE FILET.

C'est par 50 mètres de fond environ que le filet d'étamine ramène ses plus fructueuses récoltes en larves de poissons.



CARTE DE LA PARTIE MÉDIANE DE L'Océan ATLANTIQUE AVEC LES ITINÉRAIRES DU DANA ET LA MER DES SARGASSES OU SE FAIT LA PONTE DES ANGUILLES.

ques millimètres de long, dans l'immensité des Océans pouvait paraître encore plus vain que la recherche d'une aiguille dans une botte de foin, selon l'expression populaire, et pourtant c'est ce que tentèrent de faire les savants danois et ce à quoi ils réussirent.

Après avoir fait effectuer des pêches à intervalles réguliers par les transatlantiques danois qui naviguent dans l'Océan, Johs Schmidt appareilla lui-même de la Martinique en 1921 vers les Açores à bord de son navire laboratoire le *Dana*, solide chalutier de 360 tonneaux, équipé pour opérer les récoltes au chalut jusqu'à 5 000 mètres de profondeur et ayant à cet effet embarqué à son bord plus de 70 kilomètres de filin d'acier.



CARTE DES PAYS VERS LESQUELS SE FAIT LA MONTÉE DES JEUNES ANGUILLES A LA RECHERCHE DE L'EAU DOUCE.

Ici, que le lecteur veuille bien me permettre d'ouvrir une parenthèse... et, pour en avoir goûté le charme inexprimable, de dire la suavité de ces navigations tropicales :

Odeur de mer ! encens de la vie libre et jeune, qui est l'odeur même du bonheur et qui suffit à parfumer toute une existence !

Dès le petit matin, à l'heure où le soleil jaillit de l'Océan, on monte sur le pont pour jouir plus tôt de cette fête du soleil, de l'espace et de la mer !

Calmes blanches. Eaux d'un bleu d'outremer intense, plaquées de reflets verts, et

lourdes, plates et immobiles, écrasées de chaleur sous l'immense soleil morne !

Les bancs de dorades qui défilent et la joie cabriolante des marsouins et des souffleurs ! Les essaims de poissons volants, et les cris déchirants des grands oiseaux voiliers du large !

Le grand calme torride ! Le pont étroit du navire, seule chose sèche dans cette immensité de ciel et de mer !

L'homme de vigie dans le « nid de corbeau » qui se balance en tête du mât, laisse tomber de là-haut, à grandes paroles sonores, la chronique de la vie des eaux infinies :

— Une voile à tribord devant.

— Bancs de dauphins par tribord !

Le timonier qui lui donne la réplique en chantant :

« Sonde à tribord — pas de fond. »

Et la remontée du filet ou du chalut :

Tout le monde attendant le résultat de la pêche miraculeuse !

La poche du filet que l'on vide dans les bailles, avec le grouillement extraordinaire des poissons, mollusques, algues flottantes, crustacés, toute la merveilleuse flore et la faune miraculeuse qui composent le plankton nourricier de ces eaux marines, plus riches de vie mille fois que les terres les plus fécondes !

Et les monstres que le chalut ramène des abîmes — lumineux, hérissés, féroces, tout en gueules et en épines !

Que d'émerveillements à chaque remontée des filets et que de belles heures de travail dans les laboratoires du bord !

Heures inoubliables! Toute la joie de la découverte, la sainte volupté du travail scientifique, la douce vie du savant dans son laboratoire avec tout autour cette autre volupté indicible de l'espace, du ciel, du soleil formidable et de la mer!

Mer nourricière, mère commune, grosse de toute vie, vivante elle-même et qui se pâme sous le baiser du soleil fécondant, comme aux premiers âges du monde!

Et la féerie des nuits? La suavité de l'ombre diaphane qui met en valeur le scintillement innombrable des mondes, tandis que la phosphorescence des



LARVES D'ANGUILLES OU LEPTOCÉPHALES BREVIROSTRES PÊCHÉES EN 2 HEURES
DE TEMPS PAR 50 MÈTRES DE FOND DANS L'ATLANTIQUE OCCIDENTAL.

eaux sombres flambe dans la nuit avec une si prenante et si mystérieuse splendeur que les mots humains ne peuvent la décrire.

Parmi cette nuit claire et tiède, dans toute cette beauté indescriptible, notre navire s'en va; il se balance tout doucement au ronronnement de sa machine, sans heurt, sans brutalité, comme s'il n'avait pas de consistance!

C'est plus doux que la vie, plus fort que le rêve, plus émouvant que tout!....

Cela, c'est le pain quotidien de suavité.

Mais qui chantera la terrible beauté des tempêtes tropicales, leur écrasante grandeur et leur diversité. Un volume n'y suffirait point; tantôt c'est la mer qui commence, et tantôt le ciel — puis ils finissent toujours par mêler leur fureur et le plus présomptueux recule devant la pauvreté des mots humains pour les décrire et pour les chanter!

Notons seulement une des plus poignantes impressions de mer et qui se perpétue parmi la race des marins, depuis les premiers, dont le cœur cuirassé d'un triple airain, confondait d'admiration le vieil Horace, jusqu'à nous! A travers tous les changements, malgré tous les perfectionnements des navires, cet émoi s'est conservé identique parmi les fils des hommes errants sur les eaux; c'est l'attente du « coup de temps » dont la menace emplît le ciel et la mer; c'est la veillée des armes, la préparation à cette lutte de géants des marins contre la tempête.

Elle est pareille, cette veillée des armes, et pareillement angoissante, que ce soit à bord du vaisseau d'Ulysse ou d'un voilier actuel presque semblable, ou de notre petit chalutier, avec son état-major de savants. Et voici quelques notes hâtives sur ces moments inoubliables :

« Le baromètre, brusquement, s'est mis à descendre, et la mer, encore assoupie, prend des teintes livides, comme si quelque reflet sombre lui parvenait par en dessous, de derrière l'horizon et on se prépare à lutter....

Les haubans sont raidis à force de ridoirs et les embarcations, solidement amarrées à leur poste de mer.

Tout à bord est solidement enchaîné au vaigrage ou aux rambardes.

Les panneaux à claire-voie sont capelés avec de solides prélaris de forte toile qui empêcheront les coups de mer de défoncer les vitrages.

Tous les appareils sont rentrés et les instruments serrés dans leurs coffres.

On force les feux pour fuir devant le temps, et le petit navire courant derrière sa fumée rabattue par les premiers grains fait songer à une femme échevelée qui fuit, fouaillée par la tempête, tirée par sa robe et sa chevelure qui claquent dans le vent.

Puis, la mer commence à gronder et le navire à gémir; les agrès sifflent dans le vent leur chanson lugubre et tout cela, mer et vent, s'enfle, s'enfle, grandit et gronde en une fureur sans cesse croissante, Dieu sait vers quel paroxysme meurtrier!

Courbés, rompus, meurtris, le bateau et les hommes s'en vont vers leur destin!.... »

... Que le lecteur veuille bien nous pardonner cette digression, bien dans notre sujet, hélas, car ce fut là l'histoire du chalutier du P^r Johs Schmidt qui sombra après une lutte de géants.

Mais rien ne saurait abattre le courage de tels hommes, soutenus par une telle foi. — Le lieutenant du bord sauva du naufrage les collections les plus précieuses, et sur un nouveau bateau, le D^r Johs Schmidt recommença l'exploration minutieuse de la mer.

Dès 1921, partant de la mer du Nord avec l'intention d'explorer l'Océan sur toute l'étendue comprise entre le parallèle de la Manche et l'Équateur, il s'outilla pour explorer les eaux jusqu'à 5 000 mètres de profondeur.

Le 30 août 1921, il appareilla de Copenhague et, pendant sept mois, il recommença ce labeur à la fois ardu et plein de charme dont nous avons essayé de donner une idée.

Déjà, dans de précédentes explorations avant le naufrage, il avait cru devoir situer le point de naissance des anguilles près de la côte américaine, au voisinage des Antilles. Cette fois, suivant pas à pas la trace qui lui était indi-



DIFFÉRENTS ÉTATS DE L'ANGUILLE.

En haut, larves appelées leptocephales brevirostres, qui en grandissant s'affinent et s'arrondissent jusqu'à donner une petite anguille à l'état parfait appelée piballe ou civelle.

quée par la taille croissante des larves capturées successivement, arrivé à la hauteur des Açores, il mit le cap directement à l'ouest.

Sur les côtes de notre Europe, il avait pêché de nombreuses piballes ou civelles, puis des leptocephales déjà près de leur métamorphose, ayant 6 ou 7 centimètres de long: puis, à mesure qu'on approchait du milieu de l'Océan, vers l'ouest et le sud, ces mêmes leptocephales se rencontraient de plus en plus petits.

Aux îles du cap Vert, aux Açores, elles n'avaient déjà plus que 3 centimètres de long et leurs dimensions se restreignaient de plus en plus jusqu'à quelques millimètres. Le P^r Schmidt comprit qu'il était arrivé alors à leur lieu d'éclosion, c'est-à-dire à cet endroit mystérieux où depuis les siècles des siècles toutes les anguilles du Monde se réunissent pour se féconder et reproduire.

Ce lieu était situé exactement entre les Açores et les Bermudes au milieu de cette mer que l'on appelle la mer des Sargasses, bien que cette étendue d'eau ne soit en réalité qu'une partie de l'Océan, sans rien qui la différencie des eaux environnantes, si ce n'est une invraisemblable profusion d'herbes marines qui la fait ressembler à une prairie flottante.

Ces herbes sont des algues du genre fucus que les matelots appellent raisin de mer parce qu'elles portent, à maturité, des sortes de vésicules ou petites vessies remplies d'air, grâce auxquelles elles flottent sur l'eau, et qui ont la grosseur et l'aspect d'un grain de raisin non encore mûr.

Pendant des lieues et des lieues la mer d'herbes s'étend sous le ciel, si compactes, si serrées, que l'on a vu des matelots tombant à la mer être maintenus à la surface des eaux par cette végétation exubérante.

C'est là que naissent les petites anguilles. Chaque coup de filet en ramenait des quantités considérables, quelquefois plus de 800.

Ce sont, à ce stade de développement, de tout petits êtres translucides, presque invisibles à l'œil nu, qui ont toujours, avec leur forme de feuille allongée, une transparence telle qu'elles se confondent avec l'eau; leur longueur atteint à peine 5 ou 6 millimètres.

Après des siècles d'obscurité, après des années et des années de travail, la question était enfin éclaircie et le mystère dévoilé; c'était une grande conquête du savoir humain, le rapt d'un secret si longtemps défendu par la secrète Nature!

Restait à démontrer la réalité de la découverte en faisant la contre-épreuve.

A cet effet, partant de la Martinique après quelques mois de repos, le *Dana* reprit en sens inverse le chemin, d'abord de la mer des Sargasses, et puis ensuite des côtes de l'Europe.

Et les mêmes découvertes se déroulèrent dans un ordre inverse.

Dès que le chalutier eut atteint l'Océan herbeux, il retrouva les larves à peine écloses et à peine visibles, puis, les suivant à la piste, il assistait de jour en jour, de capture en capture à leur développement progressif; de même qu'au voyage d'aller, on retrouva des leptocéphales de 2 ou 3 centimètres autour du cap Vert et de 6 centimètres de long tout près des atterrages d'Europe.

A toucher la côte, on retrouva à peu de distance au large, mais surtout dans les baies et dans les estuaires, les piballes et les civelles qui sont déjà des poissons parfaits dont la métamorphose est achevée et qui, inlassablement se lancent à l'assaut des eaux douces continentales.

La question était donc résolue et bien résolue; aucune obscurité ne subsistait plus, la victoire du savant était complète.

Il reste à comprendre comment, depuis la mer des Sargasses jusqu'à nos rivages et à ceux encore plus éloignés de la mer du Nord et de la Baltique,

un être aussi fragile, aussi minuscule que la larve d'anguille a pu accomplir ce formidable voyage de plus de 6 000 kilomètres.

Certes, dès son éclosion et malgré sa petite taille, l'anguille fait montre de ces qualités extraordinaires de vitalité, d'agilité, de force et d'énergie qui la caractérisent dans toute son existence; mais ces qualités seraient insuffisantes pour lui permettre d'accomplir cette randonnée démesurée si la lente dérive du Gulf Stream et de son courant d'eau chaude n'aidaient à leur progression.

Le voyage est long, très long même; il s'étend sur deux, trois ans et peut-être plus.

La première année, les larves ne dépassent pas vers l'est le méridien qui passe par le point oriental de l'Amérique (Terre-Neuve).

Dans la seconde année, elles atteignent les Açores et dans la troisième seulement elles arrivent aux atterrages d'Europe où se fait leur transformation en piballes ou en civelles.

Puis, au quatrième printemps après leur éclosion, elles pénètrent enfin dans les eaux douces pour y vivre et y prospérer, jusqu'au jour où l'invincible amour les rejettera pêle-mêle vers le berceau de leur race et où elles accompliront à travers les plus grands dangers, en sens inverse, le voyage qu'elles ont déjà accompli au temps de leur petite enfance, véritable voyage nuptial, cette fois¹.

On ne sait pas combien de temps dure leur séjour dans les eaux douces; il est probablement d'une douzaine d'années.

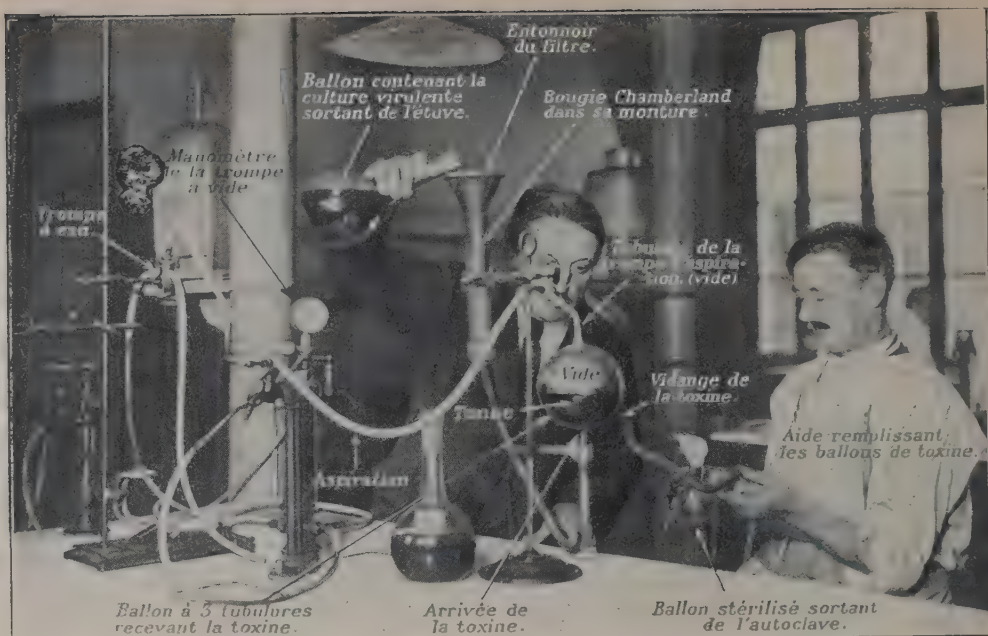
On ne sait également pas quel est le destin de l'anguille après son voyage nuptial; il est probable qu'elle meurt aussitôt sa fonction de reproduction accomplie, suivant cette inexorable loi dont nous constatons si souvent l'impitoyable inflexibilité chez tant d'espèces animales ou végétales, en particulier chez presque tous les insectes et chez toutes les plantes annuelles.

Elle devient sans doute alors une de ces proies qui tombent dans les abîmes de l'Océan où rien ne pousse, et sont la manne providentielle des monstres abyssaux qui, sans cette provende, formée des cadavres de tous les animaux qui meurent à la surface des eaux, seraient condamnés à l'inanition et à la mort.

Par là on voit que tout se tient dans la Nature et que les phénomènes en apparence les plus distincts et les plus séparés par les contingences de temps et de lieu peuvent se rencontrer pour une fin commune.

Quoi de plus caractéristique à cet égard que de songer que l'anguille qui a grandi dans notre mare ou dans notre étang près de la maison natale, au fond d'une douce campagne de l'Île-de-France, va servir de pâture à ces monstres dont l'aspect horrible et bizarre hante l'imagination et qui attendent après cette proie, au fond des abîmes insondables, là-bas, là-bas, très loin, au delà des eaux océanes, tout près de l'Équateur brûlant.

1. Ces longs voyages sont-ils simplement le résultat d'une attraction de la chaleur, un « tropisme » qui de proche en proche attire les anguilles vers les eaux chaudes, pour le temps de leur reproduction, après quoi les jeunes remontent vers les eaux froides, leur habitat naturel. J'ai constaté ce phénomène, en petit, à Abbeville, où des quantités de poissons (brèmes, gardons, perches, brochets) se réunissaient au moment du frai dans une partie de la Somme réchauffée par les évacuations d'une importante usine. Passé le frai, la plupart de ces poissons se dispersaient.



PRÉPARATION DES TOXINES DESTINÉES A L'INOCULATION
DES CHEVAUX PRODUCTEURS DE SÉRUM THÉRAPEUTIQUE, A L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS.

L'INDUSTRIE MÉDICALE PASTORIENNE

NOS pères auraient été fort étonnés et même choqués de voir ces mots accouplés ensemble. Pour eux la maladie était quelque chose de tout personnel, subjectif et non susceptible de généralisation; tout l'art du médecin consistait à bien connaître son malade et de lui donner des remèdes appropriés à son tempérament particulier.

C'est au grand Pasteur que l'on doit les méthodes et les procédés qui ont permis de généraliser la notion des maladies, d'en découvrir les germes, dans le plus grand nombre de cas et de créer la thérapeutique générale dont ces cas sont justiciables.

Avant d'exposer comment s'est fondée et développée l'industrie des sérums et des vaccins, rappelons en quelques mots l'histoire glorieuse de leur découverte.

Nous n'entrerons pas dans le détail des premiers travaux pastoriens dont d'ailleurs la répercussion sur l'art médical a été nulle. Citons seulement pour mémoire ses découvertes en cristallographie et celles qui ont trait aux fermentations; là nous abordons vraiment son domaine, ce domaine immense, que son labeur génial devait féconder au delà de toute espérance.

Ses premiers travaux de pathologie sont appliqués à une espèce animale : les vers à soie. C'est à eux que l'on doit d'avoir sauvé l'industrie séricicole que la flacherie et la pébrine des vers étaient en train de ruiner complètement. Puis, vinrent les études sur les levures, les maladies des vins, des bières, les

moyens de préservation des liquides organiques fermentescibles auxquels on a donné en toute justice le nom de « pasteurisation, » les études sur le charbon, la rage, etc., etc., etc., mais ce domaine est tellement vaste que nous ne pouvons même pas l'effleurer. Nous dirons seulement plus bas quelques mots de la vaccination antirabique.

Par le canal des fermentations, Pasteur fut amené à étudier les maladies transmissibles par des germes et, parmi ceux-ci, le terrible charbon qui décimait à cette époque les troupeaux de l'Ile-de-France. A ce propos, rappelons une anecdote qui est citée comme un exemple de pénétration et de logique en même temps qu'un modèle d'observation, dans les traités de méthodologie :

Pasteur avait coutume, lorsqu'un problème était soumis à sa sagacité, d'en observer longuement, patiemment, avec une minutieuse attention, toutes les données.

C'est pendant une inspection dans une propriété des environs de Chartres, où des cas de charbon se déclaraient périodiquement dans le troupeau sans qu'on puisse en découvrir la cause, que Pasteur eut la clé de l'énigme.

Se promenant dans les champs auprès d'un parc à moutons dont certains animaux venaient d'être frappés de la terrible maladie, il découvrit qu'à certains endroits l'herbe était plus épaisse et remplie de ces petits monticules de terre moulée que les lombrics ou vers de terre ramènent à la surface du sol. C'était là un « champ maudit » dans lequel on ne pouvait faire paître le bétail sans l'exposer à la contagion. Il demanda l'explication de cette abondance de vers; on lui dit que c'était l'endroit où l'on avait coutume d'enfouir les corps des animaux morts de maladie.

Avec une prescience admirable, Pasteur comprit que là se trouvait l'explication : il prit un peu de cette terre rejetée par les lombrics et qui était ramenée par eux des profondeurs du sol, en fit une bouillie claire, l'injecta à des animaux sains qui succombèrent, après les délais d'incubation, au charbon. L'examen de leur sang démontra aussitôt la présence du vibron septique et de la bactérie charbonneuse déjà découverte par Rayé et Davaine.

Un mode de contagion du terrible mal était aussitôt trouvé et aussi une méthode de préservation, passive il est vrai, mais efficace, par l'incinération des cadavres.

Lorsque Pasteur, aidé de Roux et de Chamberland, eut découvert le moyen de préparer une culture atténuée de bactérie charbonneuse et d'immuniser les animaux de laboratoire avec cette culture, il publia ses résultats. Un immense espoir en résulta parmi tous les agriculteurs victimes de ce fléau, mais aussi des sceptiques et des contradicteurs s'élevèrent en foule et Pasteur, pour les convaincre, accepta d'effectuer une expérience publique et concluante, ne laissant place à aucun doute.

50 moutons devaient être réunis à Pouilly-le-Fort, près de Melun, dans la propriété de M. Rossignol, vétérinaire, qui devait surveiller et contrôler les essais. 25 de ces moutons seraient vaccinés avec la culture atténuée et 25 moutons serviraient de témoins; tous devaient ensuite être inoculés avec une culture virulente de charbon. Pasteur affirmait catégoriquement que les 25 moutons vaccinés résisteraient et que les autres succomberaient sans aucun doute.

« Le 5 mai 1881, date mémorable, eut lieu la première inoculation. Le 17 mai

la seconde et chaque jour Chamberland et Roux allaient visiter les animaux à Pouilly-le-Fort. Agriculteurs, vétérinaires, médecins, savants suivaient cette expérience avec intérêt, certains avec passion. Beaucoup pensaient que les nouvelles doctrines étaient erronées et se réjouissaient d'avoir attiré Pasteur dans un piège sans issue, hors du laboratoire, pour le confondre au grand jour.

« L'expérience suivait son cours; l'inoculation d'épreuve fut faite le 21 mai et rendez-vous fut pris le 2 juin pour constater le résultat. « Mais alors, quelques heures avant le verdict, sachant combien les expériences de biologie sont « capricieuses et quelquefois infidèles, Pasteur, le grand Pasteur se prit à douter « et celui qui avait couru au-devant de l'expérience pour confondre ses ennemis, « regretta amèrement son audace. » Mais ce grand génie était un homme, alors que des admirateurs enthousiastes et peut-être maladroits en veulent faire un Dieu, inaccessible aux craintes et aux faiblesses de notre commune humanité; il n'en est rien; ce grand homme était un homme; il n'en était que plus grand! Ses disciples nous ont laissé de ces heures tragiques un récit émouvant où nous voyons le grand homme en proie tantôt à l'espérance et tantôt au découragement, interroger avidement ses collaborateurs revenant du champ d'expériences, notant et renotant sur une liste des bêtes numérotées tous les détails de température et d'état de santé, perdant le sommeil et l'appétit, reprochant à ses élèves de l'avoir encouragé dans sa téméraire entreprise, et lorsque, le 2 juin, arriva la dépêche relatant la fin de l'expérience, Pasteur brisé par tant d'efforts et par une tension nerveuse continue se prit à pleurer comme un enfant sans oser décacheter la dépêche fatale. Puis, l'ouvrant, enfin, tout tremblant d'émoi, il lut que les 25 moutons non vaccinés étaient morts, que les 25 vaccinés étaient saufs (à part une brebis qui mourut le lendemain d'un accident banal).

« C'était le triomphe, plus complet, plus éclatant que le plus vigoureux optimiste n'eût osé le souhaiter!

« Des admirateurs idolâtres peuvent regretter cette défaillance du grand Pasteur, nous y voyons au contraire une preuve nouvelle de grandeur et la marque de cette modestie du génie qui est la marque des plus grands!

« D'ailleurs, loin de s'abandonner à la joie, Pasteur se reprenant devant ses élèves pâles d'émotion et tout prêts à s'attendrir, se mit à les gourmander pour quelques fautes vénielles et fixa aussitôt le programme de nouvelles recherches auxquelles on se mit sans plus attendre et sans plus s'attarder sur l'immense succès qui allait rendre le nom du maître fameux dans tout l'Univers¹. »

Quelle était donc cette préparation mystérieuse qui sauvait 100 % des sujets inoculés avec le microbe du terrible mal? Ici, un mot d'histoire.

Depuis longtemps on avait remarqué que la plupart des maladies infectieuses n'étaient pas sujettes à récidives et qu'un malade guéri de la typhoïde, de la scarlatine ou du croup n'était pas exposé à reprendre ces affections. Bien avant Jenner même, il existait un procédé d'immunisation contre la variole qu'on appelait la variolisation. Ce procédé consistait, lorsqu'on se trouvait en présence d'un cas de variole bénigne, à l'inoculer à des sujets sains dans l'espoir de leur occasionner une maladie de pareille bénignité et qui les rendrait désormais réfractaires à la même infection plus grave.

1. *Pasteur et son œuvre* : L. Descour, Delagrave, Paris.



Photo. Dumas.

LE GRAND PASTEUR.



QUELQUES-UNS DES MICROBES LES PLUS RÉPANDUS.

Celui du tétanos présente une de ses formes curieuses avec la multitude de cils vibratiles dont il est souvent privé.

Cette pratique n'allait pas sans de graves dangers et de grands mécomptes. Combien de fois une variole donnée par un sujet très peu atteint était au contraire très virulente et occasionnait la mort de celui auquel on l'inoculait.

Jenner croyait, en inoculant le cow-pox, donner aux hommes une variole atténuée par le passage dans le corps de la vache, pensant que ce mal lui-même était transmis au bétail par un berger varioleux; c'était une erreur, le cow-pox est une maladie spéciale mais qui jouit de la propriété de rendre réfractaire à la variole humaine.

Pasteur découvrit l'atténuation du virus en étudiant le choléra des poules. Voici comment :

« Pendant une absence dans le temps des grandes vacances, ses cultures s'étaient atténuées sans qu'il s'en doutât et étaient devenues incapables de transmettre la maladie à des poules saines. Cependant, ces poules ainsi inoculées

avec des cultures qui semblaient inefficaces étaient devenues réfractaires à la maladie. Ce fut pour lui un trait de lumière et le premier mode d'atténuation de la virulence des microbes (le vieillissement des cultures) était trouvé. »

Il en est d'autres, et, sans nous attarder à leur énumération qui nous entraînerait plus loin, disons seulement que l'un des plus efficaces est la chaleur.

Une culture chauffée à un degré déterminé et pendant un temps déterminé, tout en n'étant plus susceptible de transmettre la maladie au sujet auquel on l'inocule, le rend réfractaire à la maladie. C'est là ce que l'on a appelé les virus vaccins.

Mais avant de décrire la fabrication industrielle des produits de préservation de maladies infectieuses, disons que ces vieilles méthodes ont été transformées par l'étude plus approfondie des phénomènes. On a remarqué en effet qu'il n'était pas utile, dans la plupart des cas, d'injecter des cultures elles-mêmes, mais que les produits sécrétés par le microbe vivant au sein du milieu où on le cultive et que l'on appelle les toxines, étaient susceptibles de rendre les mêmes services et étaient d'un maniement plus facile et plus sûr.

Voici la méthode générale de préparation d'un sérum : après avoirensemencé un microbe, par exemple celui de la diphtérie, dans un milieu de culture approprié (généralement du bouillon peptoné) on le porte à l'étuve à température constante jusqu'à développement complet des cultures, ce qui prend un temps variable suivant l'espèce microbienne envisagée.

La culture filtrée à la bougie Chamberland (nous verrons bientôt sa définition), c'est-à-dire privée des éléments figurés, autrement dit du corps des microbes et de leurs spores s'il y a lieu, est inoculée à un animal dont le sang présente, après les délais d'incubation, variables également pour chaque espèce, des propriétés microbicides à l'égard du microbe dont la culture a été inoculée au sujet, et cela, grâce à la présence de corps dits anti-toxine.

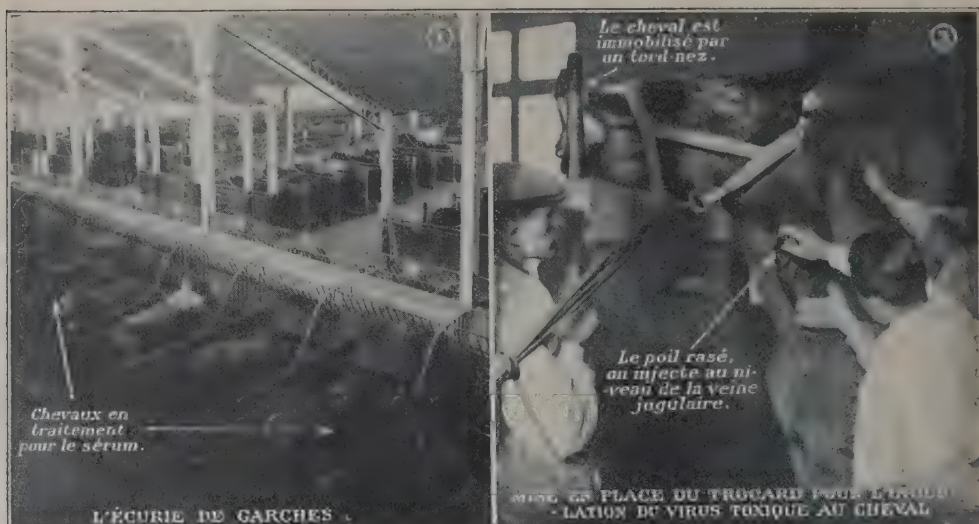
Ces toxines et anti-toxines se trouvent dans le sérum du sang en proportion tellement infinitésimale qu'aucune analyse chimique n'a jamais pu les déceler; seule, l'activité sur l'animal vivant peut servir de réactif et d'étalon pour démontrer et mesurer leur activité.

Pour bien comprendre l'action de ces agents thérapeutiques, disons un mot de l'immunité et définissons en passant l'incubation.

Quand un microbe pénètre dans le sang d'un homme ou d'un animal sains il ne déclenche point l'infection *ipso facto*; d'abord, il est nécessaire que le sujet soit en état de réceptivité, c'est-à-dire susceptible de contracter la maladie (généralement à la suite de circonstances particulières : froid, faim, convalescence, fatigue ou autres maladies) sans quoi le microbe étranger serait détruit par les éléments défensifs répandus dans tout le corps (globules blancs ou leucocytes); cette auto-défense, mise en lumière par Metchnikoff, s'appelle la phagocytose, nous verrons plus tard en quoi elle consiste.

Supposons donc un instant que l'animal ou l'homme soit en état de « moindre résistance, » comme on dit, pour une des causes énumérées ci-dessus, le microbe inoculé se développe librement et se reproduit avec une vitesse inouïe; en quelques heures, des dizaines de milliards d'individus envahissent l'organisme, en dépit de sa défense.

Ce délai qui sépare l'inoculation du début de la maladie causée par le



LES ÉCURIES DE GARCHES.

MISE EN PLACE DU TROCARD.

microbe injecté s'appelle l'incubation, notion capitale, car nous avons vu en effet que les cultures atténuées ou leurs toxines font apparaître dans le sang des anti-toxines capables d'empêcher le développement du microbe ou d'en neutraliser les effets; il s'agit donc de gagner de vitesse l'invasion du mal et de rendre l'organisme réfractaire avant le moment fatal où, le microbe infectieux ayant tout envahi, la maladie deviendrait inévitable. C'est ce qui explique que la plupart des sérums sont surtout préservatifs et non curatifs, qu'injectés assez tôt, ils rendent impossible le développement des microbes, mais cet envahis-



LA SAIGNÉE
DU CHEVAL FOURNISSEUR DE SÉRUM.

LES BOCAUX
OU S'OPÈRE LA COAGULATION DU SANG.

sement effectué et la maladie déclarée, ils sont presque toujours impuissants à la juguler. Notion pratique à retenir : Comme l'inoculation des sérums est d'ailleurs absolument inoffensive, il y a donc un intérêt capital à la pratiquer aussitôt que possible après l'infection ou la blessure qui pourrait l'occasionner.

C'était la pratique constante du temps de guerre : toute blessure, si minime soit-elle, souillée par des débris de vêtements ou de la terre était suivie aussitôt que possible d'une injection de 10 centimètres cubes de sérum antitétanique avec le résultat que l'on sait, c'est-à-dire la disparition presque complète du tétanos, ce fléau des guerres d'autrefois qui emportait souvent plus de la moitié des blessés, après une horrible agonie.

Après ces trop longs mais indispensables préliminaires, décrivons l'industrie proprement dite des sérums.

Lorsque Pasteur et ses élèves eurent de toutes pièces créé la sérumthérapie, et c'est là la plus formidable victoire de l'homme sur la maladie, tout de suite la demande du nouvel agent devint considérable et c'est alors que l'on créa, à Garches, près Paris, dans le domaine de Villeneuve, l'annexe de l'Institut Pasteur destinée à la fabrication en grand de cet engin de victoire, contre la maladie et la mort.

Les méthodes industrielles les plus nouvelles (division du travail, exécution en grandes séries, contrôle des opérations et récupération des sous-produits) y sont mises en pratique ¹.

L'animal porte-sérum choisi est le cheval; non qu'il soit biologiquement plus indiqué que tel autre animal domestique, mais parce que c'est lui qui peut fournir économiquement les plus grandes quantités de sérum et dans les conditions d'exploitation les moins onéreuses.

Les magnifiques écuries de Garches contiennent plusieurs centaines de chevaux, chiffre porté pendant la guerre à plusieurs milliers (en y comprenant les annexes).

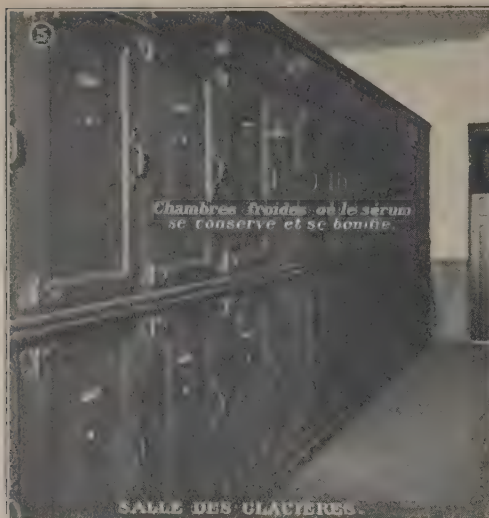
Ces chevaux sont des animaux jeunes et vigoureux exempts de toute tare, très soigneusement choisis par des experts vétérinaires, mais qu'un accident ou une malformation physique (et cela, d'ailleurs par pure raison d'économie) a rendus impropres au travail actif. L'armée en fournit une bonne partie.

Ces braves bêtes, convenablement nourries, très bien logées (ainsi qu'on peut en juger par nos photographies) n'ont plus désormais qu'à se laisser vivre, inoculer et saigner de temps en temps, opération qu'elles supportent d'ailleurs fort allègrement ainsi qu'on en pourra juger encore d'après nos gravures.

Nous décrirons plus loin les espèces les plus communes de microbes, cause de nos maladies. Pour l'instant, suivons l'ordre des opérations qui se succèdent dans la fabrication des sérums thérapeutiques.

Lorsque l'on s'est procuré une culture pure d'un microbe spécifique quelconque — et cela ne va pas sans une minutieuse sélection effectuée par des ensemencements successifs répétés — on porte cette culture à l'étuve à température constante où le microbe se développe dans les meilleures conditions et sécrète sa toxine; cette toxine reste dans le bouillon de culture qui est dès lors un

1. Cela est si évident, cette industrialisation, que l'on se préoccupe, comme nous le verrons plus loin, de standardiser les sérums. C'est-à-dire de définir un certain nombre de types « standards » ayant même nom et répondant aux mêmes caractéristiques — dans le monde entier.



LE SÉRUM EST CONSERVÉ DANS DES GLACIÈRES
OU IL SÉJOURNE ASSEZ LONGTEMPS.



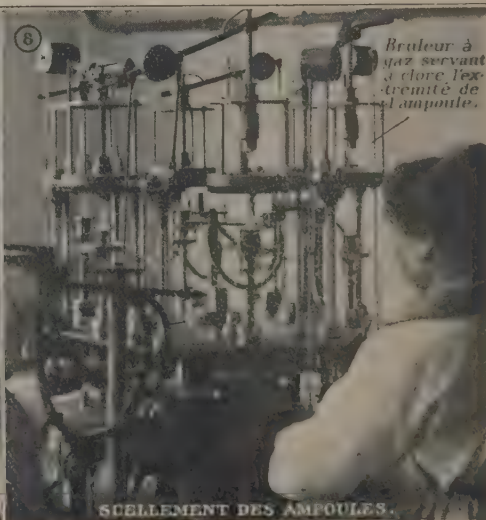
LES AUTOCLAVES QUI STÉRILISENT A 120°
TOUTE LA VERRERIE DESTINÉE AUX SÉRUMS.

mélange du corps des microbes eux-mêmes et des toxines solubles qu'ils ont excrétées.

Prenant ce bouillon, on le soumet à la filtration à l'aide d'une bougie Chamberland (on appelle ainsi un tube en porcelaine dégourdie, c'est-à-dire de porcelaine n'ayant pas reçu d'enduit d'émail et dont la cuisson n'a pas été poussée jusqu'à la vitrification de la pâte). Au moyen d'une trompe à eau on force la partie liquide du bouillon de culture à passer au travers de la bougie, mais



REMPLISSAGE DES AMPOULES
DE SÉRUM THÉRAPEUTIQUE.



LES AMPOULES SONT SCÉLÉES
AU CHALUMEAU A GAZ.

tous les éléments solides restent à l'intérieur du filtre. La toxine ainsi obtenue est extrêmement virulente; on en injecte de très faibles quantités dans une veine ou sous la peau d'un cheval.

Après une période variable d'incubation, l'opération étant effectuée en une ou plusieurs fois, le cheval possède un sérum doué de qualités anti-toxiques à l'égard du microbe dont la toxine lui a été injectée. On vérifie ce pouvoir immunisant sur des cobayes ou autres animaux de laboratoire et l'on se met en devoir de préparer industriellement le sérum, pour l'usage des malades.

Dans ce but, à l'aide d'appareils soigneusement stérilisés (trocarts, tubes et bouchons), on fait une saignée dans la veine jugulaire gauche du cheval qui est immobilisé pendant cette opération à l'aide d'un tord-nez, maintenu par un aide.

Le sang recueilli dans le bocal aseptique est porté dans une cave où il est laissé en repos, mais, auparavant, on a suspendu à la fermeture du bocal une masse de bronze que l'on pourra faire tomber dans le liquide sans ouvrir le récipient.

ENCHIRIDION MANIPULI DES MICROPOLES.



Sommairement traduit & commenté suivant le texte Latin, par M. Michel Dusséau Apothicaire, jadis Garde-juré de l'Apothécairie de Paris: pour les inérudits & tyrocles dudit estat, en forme de Theorique.



A LION,
PAR IAN DE TOVRNES,
M. D. LXI.

Collection de M. H. Bouloy, pharmacien à Paris.

FAC-SIMILÉ DU TITRE DE LA PREMIÈRE PHARMACOPÉE ÉCRITE EN FRANÇAIS.

On remarquera les serpents qui se décorent, sorte de calucée dérivé peut-être du vieux mythe grec Ourouboros, symbole de la terre.



AUTREFOIS ON OPÉRAIT AU LIT DU MALADE, SANS AUTRES PRÉCAUTIONS QU'UNE PROPRETÉ SOMMAIRE; AUJOURD'HUI LE CHIRURGIEN ET SES AIDES SONT ENVELOPPÉS DE LINGES STÉRILISÉS A L'AUTOCLAVE ET PORTENT DES GANTS EN CAOUTCHOUC.

Au bout de quelques jours, le sang recueilli se sépare en deux : le caillot rougeâtre formé des globules et des éléments figurés du sang, et le sérum, liquide jaunâtre dans lequel il nage; c'est lui qui nous intéresse. A ce moment la coagulation étant terminée, on laisse tomber la masse de bronze dont nous avons parlé, dans le bocal, le coagulum est précipité au fond et le sérum surnage. Recueilli aseptiquement, il est mis en réserve dans des bocaux qui sont déposés dans de grandes glacières où la température est maintenue aux environs de zéro degré.

On a remarqué, sans d'ailleurs bien s'expliquer pourquoi, que plus le sérum séjournait dans cette glacière et de meilleure qualité il était. Il semble se bonifier en vieillissant, ce dont on s'aperçoit par la disparition, à l'usage, des accidents appelés sériques, c'est-à-dire des troubles (éruptions de la peau et fièvre) qui se produisent quelquefois après une injection de sérum.

Disons, en passant, un mot de cette utilisation des sous-produits que nous avons annoncée au début de ce chapitre.

Comme le caillot ou coagulum n'est pas utilisé dans un but thérapeutique, mais qu'il représente une grande valeur nutritive, qui n'est autre d'ailleurs que celle du boudin commun, et que d'un autre côté l'établissement de Garches en produit des quantités notables, on en nourrit des pores après l'avoir, par prudence, fait cuire.

Au bout d'un temps plus ou moins long de séjour dans les glacières, le sérum est transvasé dans de grands récipients qui peuvent en contenir jusqu'à 1 000 doses et dont nos gravures donnent une image.

Maintenant, disons un mot de la préparation des ampoules qui doivent le contenir.

C'est là une opération minutieuse qui se fait, selon les principes de la division du travail, par plusieurs équipes qui se succèdent toujours dans le même ordre.

Les ampoules, qui sont des sortes de petits flacons en verre soufflé, aussitôt livrées par le fabricant sont lavées à l'eau, puis dans une lessive de carbonate de soude, puis rincées à l'eau pure, puis encore à l'eau distillée et, enfin, stérilisées très rigoureusement à l'autoclave à 120° de chaleur humide.

Recouvertes d'une fermeture provisoire en papier ou en coton, ces ampoules passent ensuite aux mains des remplisseuses qui mettent dans chacune une dose déterminée, généralement 10 centimètres cubes de sérum, à l'aide d'un appareil à pédale dont nous donnons la photographie.

Les ampoules pleines, bouchées par un tampon de coton flambé, passent ensuite au scellement qui s'opère à l'aide d'un plateau tournant muni de chalumeaux à gaz; le verre fondu et étiré se soude à lui-même et fait une fermeture absolument étanche, condition indispensable de bonne conservation.

Il ne reste plus, après cela, qu'à étiqueter soigneusement les flacons, les emballer et les expédier aux lieux d'utilisation, après s'être assuré toutefois, par un prélèvement fait au hasard sur chaque lot, de l'efficacité du sérum; pour cela, on en injecte une dose déterminée à des animaux de laboratoire : cobayes ou lapins, qui doivent ensuite rester réfractaires à une inoculation très virulente.

L'Annexe de l'Institut Pasteur de Garches fabrique surtout les sérums antidiphthérique de Roux, antitétanique, antipesteux, antiméningococcique, antivenimeux de Calmette, ainsi que les sérums — dit polyvalents — destinés à la lutte contre les infections banales des plaies, etc., etc.

VACCINATION ANTIRABIQUE

Nous avons vu comment, industriellement, se préparaient en quantité sans cesse croissante les divers sérums thérapeutiques; mais il n'en est pas toujours ainsi. Pour certains médicaments, il faut exécuter une préparation très particulière en petite quantité et quotidiennement. Parmi ceux-ci, la plus caractéristique est la moelle antirabique contre le virus de la rage.

A vrai dire, on appelle ainsi virus une substance dont on ne connaît pas



LA TRÉPANATION D'UN LAPIN POUR L'INOCULATION DE LA RAGE.

On met à nu son cerveau au contact duquel on amènera l'agent d'injection (bave ou moelle).

l'origine et dont on ne sait pas encore si elle est produite par un élément figuré quelconque ou bien par un poison soluble. Tout ce que l'on sait, c'est que l'injection d'une partie du corps (en l'espèce la moelle épinière) de certains animaux morts de la rage et ayant subi une certaine exposition, un certain vieillissement à l'air sec devient capable non de guérir la rage, mais de prévenir son développement ultérieur.

Voici le fonctionnement type de cette immunisation qui doit gagner de vitesse l'invasion de la maladie, après une morsure infectieuse.

Quand arrive à l'Institut Pasteur un homme mordu par un chien ou un autre animal qui, à l'autopsie a été reconnu être atteint de la rage, on commence par injecter à ce malade une préparation de moelle de lapin mort de la rage depuis seize jours.

Le lendemain on lui fait une piqûre d'une moelle de quinze jours et ainsi de suite jusqu'au dernier jour du traitement ou grâce à ces doses progressives immunisantes en même temps que progressivement virulentes, le malade devient absolument réfractaire à une injection d'un extrait de moelle récent qui, dans toute autre circonstance, serait sûrement mortelle.

Or, comme la maladie communiquée naturellement par un animal enragé à l'homme demande pour se développer un délai plus grand (à moins toutefois que la morsure envenimée n'ait été faite au voisinage de la tête), il arrive qu'après le temps normal d'incubation, au moment où la maladie se déclarerait et deviendrait rapidement mortelle, le sujet est complètement immunisé.



LE CHOIX D'UN LAPIN ENRAGÉ.

Le lapin inoculé ayant succombé à la rage, on va prélever sa moelle épinière.

C'est, comme nous l'avons dit, une course de vitesse contre l'infection que le médecin a gagnée.

D'ailleurs les insuccès sont très rares; mais, quand ils se produisent, les symptômes avertissent à temps de l'inefficacité du traitement et il ne reste plus malheureusement qu'à adoucir la mort du patient qui, grâce à Dieu, est loin de présenter le tableau horrible que nos pères se plaisaient à décrire.

Aussi, cette sinistre réputation a plus fait pour la terreur de l'hydrophobie et partant, pour la gloire de Pasteur, que toutes ses autres recherches, pour tant d'un intérêt au moins égal.

Voici comment se prépare l'agent actif de cette thérapeutique antirabique c'est-à-dire la moelle de lapin inoculé. Disons tout de suite que la rage du lapin n'est pas une maladie qui lui soit particulière, comme le cow-pox est une maladie spéciale aux bovidés et transmissible à l'homme; non, la rage du lapin est la même que celle que l'on voit attaquer les chiens et les autres animaux domestiques et qui est transmise par ceux-ci à leurs congénères et aux hommes.

L'élément actif du traitement est, nous l'avons dit : la moelle, dans laquelle est localisé le principe virulent, non encore isolé, de la rage.

Pour préparer les moelles qui serviront aux traitements ultérieurs, on prend un lapin et on le trépane, c'est-à-dire qu'on lui enlève une rondelle d'os crânien dans la région frontale ou occipitale et l'on met en contact avec la



DISSECTION DU LAPIN ENRAGÉ POUR EXTRACTION DE SA MOELLE ÉPINIÈRE
QUI SERVIRA A INOCULER LES VICTIMES DE LA RAGE.

dure-mère légèrement excisée une moelle fraîche de lapin enragé mort ou bien de la bave de chien enragé.

Après quoi la plaie étant refermée, l'animal est remis en cage. Après les délais d'incubation voulus, la maladie se déclare et l'infortuné lapin meurt.

Aussitôt après la mort et sans perdre de temps, l'animal est disséqué, sa moelle épinière prélevée aseptiquement est suspendue sans autre préparation dans l'intérieur d'un flacon à large goulot contenant au fond une mince couche de chlorure de calcium destiné à dessécher l'air contenu dans le bocal.

Il suffit maintenant d'inscrire sur le bocal la date du prélèvement et de le mettre en réserve dans une armoire quelconque à la suite des bocaux précédents en attendant le moment de son emploi.

Pour l'utiliser, il suffira de couper un centimètre environ de ces moelles à l'aide d'une pince et d'une paire de ciseaux aseptiques, de la délayer dans un petit mortier en verre avec un peu d'eau glycinée et d'injecter le tout dans la paroi abdominale du malade mordu par un animal enragé.

On voit que le traitement est simple et l'on sait combien son efficacité est réelle; mais il arrive malgré tout, à de longs intervalles, que quelques insuccès se produisent; la cause en est généralement à une intervention trop tardive ou bien à une morsure particulièrement virulente d'un animal atteint d'une espèce particulière de rage comme par exemple celle des loups enragés dont la morsure est souvent mortelle.

L'insuccès peut être causé aussi par le lieu du siège de la blessure, par exemple quand celle-ci se trouve au cou ou à la face; d'ailleurs, d'une manière générale, plus les morsures sont éloignées du cerveau, moins graves elles sont, et plus lente est l'évolution de la maladie.

Il n'en reste pas moins certain que, quel que soit le siège de la blessure, il faut sans délai conduire le malade à un endroit où il puisse recevoir le traitement pastorien, sachant bien que tout retard peut être funeste.

THÉRAPEUTIQUE D'AUTREFOIS

Nous nous excusons de la longueur de ces explications qui pourront, à certains, paraître un peu arides; mais, dans le temps présent, il est un minimum de connaissances que chacun doit posséder, car le domaine de la science s'est agrandi; elle intervient de plus en plus dans la vie quotidienne.

Quelle différence avec les siècles passés!

Si, de nos jours, le plus grand désir d'un savant est de communiquer le résumé de ses travaux à la masse de ses contemporains cultivés, d'être compris par eux et de s'adresser à un public sans cesse accru, il n'en était point de même chez nos pères; il est bon de dire qu'il y a seulement quelques centaines et même quelques dizaines d'années, le public instruit était fort restreint.

D'autre part, les savants parlaient une langue très particulière qui restreignait encore le nombre de leurs auditeurs possibles, la vulgarisation telle que nous la concevons aujourd'hui était non seulement inexistante mais encore impossible.

Il est piquant de rappeler à ce sujet quelques lignes d'un ouvrage aujourd'hui rarissime et qui est la première pharmacopée écrite en français qui, à ce moment-là, était considéré comme langue vulgaire.

Citons d'abord le titre, ensuite nous feuilleterons le recueil pour y choisir quelques recettes qui, mieux que de longues comparaisons nous feront saisir d'un coup d'œil la profondeur de l'abîme qui sépare la conception de nos savants modernes de celle de leurs devanciers d'il y a quatre ou cinq cents ans.

Ce titre fait irrésistiblement penser à la drôlerie des satires rabelaisiennes au sujet de l'étudiant limousin qui voulait parler un langage châtié et qui, pour ce faire, se contentait de franciser les désinences des mots latins correspondants et nous voyons par là combien cette satire s'adressait à un juste travers: on croirait vraiment lire ce titre dans le texte de l'étudiant limousin: « *Enchirid ou Manipul des Miropoles,* » ce qui veut dire: Recueil ou Manuel des pharmaciens.

A la mode de ce temps, le titre était suivi d'une glose ou explication ainsi conçue: « *Sommairement traduit et commenté suivant le texte latin, par M. Michel Dusseau, Apothicaire, iadis Garde juré de l'Apothecairerie de Paris: pour les inérudits et tyrôcles dudît estat, en forme de Théorique.* »

Heureusement que ce texte qui nous paraît macaronique était écrit pour les « inérudits » comme le bon Dusseau appelle les ignorants et les « tyrôcles » ce qui veut dire les apprentis!

Puisque dans le chapitre précédent nous avons exposé brièvement la fabri-



L'INOCULATION, A UN MALADE MORDU PAR UN CHIEN ENRAGÉ,
DE LA PRÉPARATION DE MOELLE DE LAPIN.

cation industrielle des sérums thérapeutiques, nous allons, par analogie, citer quelques lignes concernant l'utilisation du sang, choisies dans ce recueil :

« *Manière de préparer le sang.* — Le sang est l'une des quatre humeurs contenues ès corps des animaux, ainsi appelé sang selon que dit Isidore, pour ce qu'il soutient et donne nourrissement à tous les membres.

« On l'appelle autrement, en latin, *crur* et proprement cestuy qui est hors du corps et veines duquel on use aucune fois en médecine, comme du sang humain en l'emplastre, contre rupture ou hernie. Et du sang de bouc, contre la pierre, ou gravelle contenus aux reins ou en la vessie....

« Quant au sang humain, cestuy d'un homme roux et colérique, selon aucuns, est estimé le meilleur, et proprement d'un homme rustique, lequel aura esté nourry de viandes grossières, pour ce que tel sang peult estre plus crasse et visqueux, tant à causé de la chaleur naturelle d'iceux, que pour la nature et propriété dudit nourrissement. »

Par là presque à l'aube de ce *xvii^e* siècle qui devait porter si haut la gloire de l'esprit humain, nous voyons codifier des recettes vraiment puérides et dépourvues de toute valeur d'observation ou de toute notion scientifique sérieuse.

Mais tout dans ce livre n'est pas fariboles; parmi tant de puérité et de préjugés on trouve quelques recettes vraiment intéressantes et bien des corps oubliés par la suite étaient cités que les médecins et la science moderne ont remis en honneur.

Parmi ceux-là un des plus connus est la lanoline dont on fait grand usage

dans la confection des médicaments administrés sous forme de pommade et qui permet à celle-ci d'absorber les corps aqueux.

Voici avec quel soin et quelles précisions le bon Dusseau donne la recette de fabrication de ce produit, la lanoline qui, remise en usage par Liebrich, de nos jours, porte dans l'« Enchirid » le nom d'oesippe humide.

« Oesippe, ou oysoppe humide, en grec oesippus, et en latin sordities lanæ, succidæ seu sordidæ, est un humeur gras et unctueux, et comme une manière de sueur, lequel on extrait de la laine des brebis et moutons y adhérant....

« La manière de faire ladite oesippe humide selon Dioscoride, est qu'il faut laver les laines des moutons, ou bien les peaux avec leur dite laine en eau chaude, tant qu'ayant laissé et rendu toute leur sorditie¹ en icelle : laquelle eau convient laisser résider² à fin de séparer la fesse³ et terrestrité⁴ : puis mouvoir la dite eau avec une cuillère ou spatule de bois assez large, tant que rende ainsi qu'une manière de spume⁵ espaisse, laquelle étant rassise et refroidie, convient cueillir ainsi qu'on recueille le beurre sur le lait : et ainsi continuer jusques à ce que ne rende plus de spume ou graisse, laquelle étant recueillie, on doit laver premièrement en eau de mer, ou eau salée, et puis après en eau douce, ainsi qu'avons dit des axunges⁶, tant que devienne blanche, et ne sente aucune mauvaise odeur ne saveur. Et devez savoir, que pour le mieux ce se doit faire en temps de chaleur, comme en juin et juillet. »

LA POULE CHARBONNEUSE DE PASTEUR OU LA RÉCEPTIVITÉ

Après avoir exposé les procédés industriels de fabrication des sérums, il convient, pour la facile compréhension du récit, de dire un mot de la réceptivité, scientifiquement établie par le Maître et qui a longtemps dérouté la sagacité des savants.

Au sujet de cette notion absolument nouvelle de la réceptivité, c'est-à-dire de la plus ou moins grande facilité qu'ont les hommes ou les animaux à contracter une maladie donnée, il est intéressant et amusant de rapporter une anecdote que Pasteur lui-même racontait volontiers. Comme à la suite de ses affirmations, il y avait eu à l'Académie de Médecine de grandes controverses, Colin d'Alfort, grand travailleur mais d'un esprit inquiet et contradictoire, ne se lassait pas de répéter que la bactériémie charbonneuse découverte par le Maître n'était pour rien dans l'étiologie et la virulence du charbon; Pasteur ayant dit incidemment au cours de sa communication de juillet 1877 que les oiseaux, et en particulier les poules sont réfractaires au charbon, Colin, poussé par son instinct de la contradiction toujours en éveil, s'empressa de déclarer le contraire; et voici comment Pasteur raconte lui-même avec une humeur savoureuse, l'histoire de la poule charbonneuse du P^r d'Alfort :

« Comme M. Colin venait de me prier de bien vouloir lui remettre une de mes cultures de bactériémie à l'état de pureté parfaite, je lui écrivis, le lendemain, ces quelques lignes :

1. Saleté. — 2. Reposer. — 3. Crasse. — 4. Boues et sable. — 5. Écume. — 6. Graisse de porc utilisée en pharmacie (nom actuel : axonge).



LE LABORATOIRE ANTIRABIQUE A L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS.

« Mon cher Confrère,

« Je tiens à votre disposition une culture de bactériidie pure; mais, puisque
« vous donnez si facilement le charbon aux poules, je vous serais fort obligé,
« lorsque vous viendrez à mon laboratoire prendre cette culture de bactériidie
« charbonneuse, de vouloir bien m'apporter une poule devant mourir du charbon¹.

« A la fin de la semaine, je vis entrer M. Colin dans mon laboratoire et, avant même de lui serrer la main, je lui dis :

« Et ma poule charbonneuse, vous ne l'avez donc pas? M. Colin me répondit : — Ayez confiance en moi, vous l'aurez la semaine prochaine.

« Je partis en vacances. Aussitôt après mon retour, à la première séance de l'Académie à laquelle j'assistai, je me dirigeai vers M. Colin et lui dis : « Et ma poule devant mourir du charbon, où est-elle?

« — Je viens me répondre M. Colin, de reprendre mes expériences sur le charbon, dans quelques jours, je vous porterai une poule charbonneuse.

« Les jours et les semaines s'écoulèrent non sans de nouvelles instances de ma part et de nouvelles promesses de M. Colin. Un jour, il y a deux mois environ, M. Colin m'avoua qu'il s'était trompé et qu'il ne lui était pas possible de donner le charbon aux poules. Et bien mon cher confrère, ajoutai-je, je vous montrerai qu'il est possible de donner le charbon aux poules, et c'est moi qui vous porterai, un jour, à Alfort, une poule devant mourir du charbon. »

1. C'est-à-dire inoculée avec une culture virulente, et devant succomber après les délais d'incubation et ceux de l'évolution du charbon, à cette maladie; le diagnostic étant vérifié à l'autopsie par examen bactériologique et ensemencement de cultures d'épreuve.

Ce n'est pas à Alfort que Pasteur offrit cette poule à son contradicteur, mais à la séance de l'Académie de Médecine du 19 mars 1878.

Et cela est une grande date; elle a apporté la conclusion et la consécration de longues recherches et l'éclaircissement d'un problème jusque-là insoluble.

Pasteur, en effet, avait découvert au cours de ses recherches, un vibron qui ne peut vivre à la température du corps des animaux. Ce fut pour lui le point de départ de nombreuses expériences sur les limites de résistance des microbes à la chaleur.

Il reconnut en particulier que la bactériémie charbonneuse ne se développe que très difficilement à des températures environnant 43°. Or, les poules ont normalement une température très voisine et c'est pourquoi la bactériémie ne se développait pas dans leur sang. Mais si l'on refroidit l'animal à l'aide d'un bain, après l'avoir inoculé, immédiatement il contracte la maladie.

Cela expliquait également que nos pères ne connaissant pas le microbe spécifique de la pneumonie ou fluxion de poitrine, attribuaient cette maladie à un refroidissement brusque.

Quand ce microbe fut découvert, le pneumocoque (d'ailleurs très postérieurement au fait que nous rapportons), on crut qu'il était seul l'agent responsable par sa seule présence de la maladie vulgairement appelée fluxion de poitrine; mais de longues recherches ultérieures démontrèrent que ce microbe se trouve normalement chez l'homme et qu'il ne devient dangereux pour lui qu'à la suite d'un refroidissement qui met le sujet en état de « moindre résistance. » Voilà la notion si importante de la réceptivité qui domine actuellement la médecine et la chirurgie modernes.

Le froid brusque n'est qu'un des nombreux agents qui peuvent provoquer cette « moindre résistance; » les uns sont instantanés, comme les variations brusques de température, les chocs, les congestions ou les arrêts locaux de la circulation, d'autres insidieux et d'action lente et sournoise, tels que le surmenage nerveux, la fatigue exagérée, les intoxications, surtout l'alcool; les affections chroniques, telles que le paludisme, la misère physiologique, etc. Certains peuvent agir, suivant les circonstances, extemporanément ou lentement, c'est le cas des poisons.

Ce qu'il faut retenir de cela, et bien y songer, c'est que parmi ces causes d'affaiblissement qui mettent constamment la vie en péril, en exposant l'homme à contracter une maladie microbienne banale, et en l'empêchant d'en triompher, il faut placer au tout premier plan le dérèglement des mœurs et l'alcool.

Les microbes sont partout, les plus terribles comme les plus anodins; il est pratiquement impossible de les détruire et de s'en préserver complètement. Mais ce qu'il faut savoir, ce qu'on devrait afficher dans les écoles et les familles, c'est que le microbe le plus virulent, est presque toujours impuissant contre l'homme sain et vigoureux!

Soignons donc notre santé, morale et physique. Joignons à cela l'observation d'une hygiène rationnelle, sans exagération comme sans négligence, et nous échapperons presque toujours à la contagion. Et si, par malheur, par suite d'une cause fortuite ou de la virulence exagérée d'une espèce microbienne, nous contractions une maladie, nous en triompherons aisément, et nous resterons le plus souvent immunisés.

LA « STANDARDISATION » DES SÉRUMS

Ce qui confirme bien le caractère de méthode scientifique de la fabrication des sérums est le projet de réglementation internationale dont les quotidiens donnent le compte-rendu suivant :

« Les découvertes réalisées dans le domaine de l'immunisation, c'est-à-dire dans la production des sérums antitoxiques, et le séro-diagnostic des maladies bactériennes, jouent un rôle de plus en plus capital dans la thérapeutique moderne. Pour tirer de ces découvertes tout le profit possible, dans le domaine de la médecine curative aussi bien que dans celui de la médecine prophylactique ou préventive, et pour favoriser le développement de cette branche de la science, on a depuis longtemps reconnu qu'il était nécessaire d'établir, par voie d'accord international, les différentes méthodes destinées à mesurer et à éprouver l'efficacité des antitoxines. Actuellement, ces méthodes varient non seulement selon le pays, mais même selon les divers laboratoires d'un même pays; il existe des différences fondamentales de principe aussi bien que des différences sur des points de détail.

« Le remède à cette situation consiste dans l'adoption de méthodes et d'unités internationales. Dès avant la guerre, plusieurs tentatives furent faites dans ce sens; mais on se heurtait toujours à la difficulté d'assurer une coopération étroite et continue entre un nombre suffisant de laboratoires et d'instituts de recherches scientifiques. Après la guerre, les difficultés semblaient même plus grandes encore. Elles sont aujourd'hui surmontées.

« La conférence sur la standardisation des sérums et des réactions sérologiques, convoquée à Londres, en décembre 1921, entreprit de concert avec l'Office international d'hygiène publique, une enquête générale, les Instituts d'hygiène publique et de sérologie autrichien, belge, français, allemand, britannique, italien, japonais, polonais, suisse et américain, qui prenaient part à



LES PROPRES INSTRUMENTS DU GRAND PASTEUR
portant encore des inscriptions de sa main et contenant des matières expérimentées par lui-même.

cette conférence, élaborèrent un programme d'enquêtes et de recherches dont l'application fut confiée à différents laboratoires, l'Institut de Copenhague étant chargé de coordonner et de centraliser les travaux. En septembre 1923, la commission réunie à Genève put déjà établir l'unité d'antitoxine de la diphtérie et proposer l'unité d'antitoxine du tétanos. De plus, elle décida que tous les instituts sérothérapiques d'État maintiendraient l'identité entre les différents sérums qu'ils emploient.

« A cet effet, elle désigna l'Institut sérothérapique du Danemark comme laboratoire central. Cet institut a pour mission de recevoir périodiquement des spécimens de sérum-étalon en vue de les comparer expérimentalement, une fois par an, les uns aux autres et de pouvoir envoyer aux instituts des différents États, des échantillons authentiques de sérum-étalon. Au cas où les expériences révéleraient des variations de titre, l'institut intéressé sera invité à procéder à des épreuves de comparaison expérimentale.

« Au mois de novembre suivant, ce fut à l'Institut Pasteur, à Paris, que la même commission s'occupa de sérums antipneumococcique et antidysentérique et du séro-diagnostic de la syphilis. Cette réunion permit non seulement d'accomplir une utile besogne scientifique, mais de constater que l'œuvre entreprise entraînait peu à peu l'adhésion du monde entier. Les pays suivants, en effet, y étaient représentés : Autriche, Belgique, Danemark, France, Allemagne, Grande-Bretagne, Japon, Pologne, Roumanie, Russie, Suisse, États-Unis d'Amérique.

« La même méthode de recherches internationales a été appliquée depuis huit mois à la standardisation de certains médicaments chimiques et biologiques extrêmement actifs : extraits organiques, alcaloïdes, insuline.

« On sait, par ailleurs, avec quelle vigueur les missions de la Société des Nations menèrent, sous la direction du Dr Nansen, la lutte contre les épidémies, en Pologne, en Russie, en Lettonie, en Grèce. On peut dire qu'elle sauva l'Europe du désastre. Depuis que le danger a disparu, elle n'a point diminué son activité. Des enquêtes sont ouvertes par ses soins : sur le contrôle sanitaire dans la Méditerranée orientale, sur les maladies de l'Afrique équatoriale, sur le cancer, sur le paludisme.

« A voir les immenses résultats obtenus en quelques mois, on peut bien augurer de l'avenir.

« La guerre sera-t-elle le seul des fléaux qui résistera aux progrès de la science? » (*Journal*, juin 1924).

Le lecteur se trouve constamment ici en présence de notions absolument nouvelles.

L'unité d'antitoxine, le sérum-étalon sont évidemment de expressions d'un usage peu courant et qui ne représentent rien à l'esprit ; tâchons de faire comprendre schématiquement comment on peut arriver à fixer des unités précises dans des matières aussi délicates et d'une nature intime encore si peu connue.

Et tout d'abord, comment apprécie-t-on le pouvoir d'une toxine ? On dilue un bouillon de culture obtenu comme nous avons dit précédemment et après filtration on en prélève une petite quantité que l'on injecte à un cobaye soigneusement pesé. On obtient ainsi la notion d'activité d'une toxine en notant la quantité qu'il est nécessaire d'en employer pour tuer le cobaye d'un kilogramme,



INJECTION DE SÉRUM ANTITÉTANIQUE A UN BLESSÉ.

Le médecin introduit son aiguille sous la peau du flanc du blessé et pousse son injection de sérum.

ou deux de 550 grammes, ou 3 de 330 grammes. On dit alors que telle toxine est active à tant de milligrammes par kilogramme d'animal en expérience.

Une fois obtenue cette première mesure, on fait une expérience en contrepartie, c'est-à-dire que l'on mesure très strictement la quantité de sérum antitoxique nécessaire pour protéger sûrement un animal donné contre les atteintes du microbe considéré.

Pour cela, on prend un certain nombre d'animaux en expérience, et d'autres comme témoins. Ceux-ci restent indemnes de tout traitement et ne sont là que pour servir de témoins, ainsi que leur nom l'indique; c'est-à-dire que, choisis au hasard, dans le même élevage et même dans le même lot que les animaux en expérience, ils doivent prouver, par leur bonne santé persistante, qu'aucune maladie infectieuse ne régnait, à l'état latent, dans l'élevage. Cela fait, on injecte aux animaux en essai des doses régulièrement croissantes du sérum antitoxique essayé, avant, ou après (suivant que le sérum est préventif ou curatif) une injection mortelle de toxine. La quantité de sérum nécessaire par kilogramme de poids, pour immuniser ou guérir un animal, est l'unité d'activité du sérum considéré.

Nous nous en sommes volontairement tenu à des notions que tout le monde doit posséder aujourd'hui, nous réservant de traiter dans un ouvrage ultérieur les ultimes questions de l'ultra-microscope, des bactériophages et des trypanosomes



Photo Hachette.

L'INSTITUT DU RADIUM.

*Vue extérieure du pavillon contenant les laboratoires de recherches radiologiques,
rue d'Ulm à Paris.*

LES TRANSFORMATIONS D'UNE TRÈS NOUVELLE INDUSTRIE : LE RADIUM

LE Professeur Moureu, dont nous donnons la photographie dans nos illustrations vient de rentrer de Madagascar où il a particulièrement étudié la radio-activité des sources thermales. Jusqu'à ces derniers temps en effet, notre grande île africaine était un des centres de la production mondiale des minerais de radium, mais cette prédominance lui 'a échappé, d'abord au profit de l'Amérique, ensuite, tout dernièrement, la première place est échue au Congo belge, avec les fameuses mines de Katanga.

Ainsi, voici une industrie nouvelle (et rien n'est plus caractéristique de la trépidante rapidité de la vie moderne) qui, à peine créée, a déjà par trois fois émigré d'un pays dans un autre.

Et cela dans les toutes dernières années, puisque la fameuse communication de Curie à l'Académie des Sciences, au sujet de sa découverte du Radium date du 26 décembre 1898.

Et chaque fois, l'apparition d'un minerai plus riche amenait aussitôt la création d'un centre nouveau d'extraction, un abaissement du prix de revient du radium-métal, et la décadence rapide des centres précédents.

Il y a là un phénomène très remarquable de la vie industrielle des temps modernes, dû pour une grande part à la facilité et à la rapidité des transports, mais qui est caractéristique de notre époque.

Autrefois, la création d'un nouveau centre industriel de production d'une matière n'entraînait que très lentement la ruine des industries antérieures quels que soient les progrès réalisés; par exemple, les hauts fourneaux, avec leur production énorme et à bas prix n'ont pas tué du coup les antiques forges catalanes qui ont continué à vivre pendant longtemps; les verreries mécaniques ont laissé subsister les antiques souffleurs à bouche, tout au moins dans certaines régions, tandis que nous avons vu successivement, en quelques années, l'industrie du radium, naître et décliner en France, pour passer en Amérique et disparaître en très peu de temps du territoire des États-Unis pour s'établir en Belgique, où se traitent actuellement les minerais du Congo, avec un abaissement du prix de revient de presque la moitié ce qui rend toute concurrence impossible.

C'est ainsi que cette petite histoire de l'industrie des corps radio-actifs est déjà rétrospective, mais n'en garde que plus d'intérêt, d'abord parce que les méthodes sont restées les mêmes, et ensuite comme un exemple frappant de cette transformation vertigineuse des industries que l'on peut qualifier de mondiales, par opposition à celles que l'on peut nommer nationales ou locales.

Il est d'ailleurs absolument certain que, par suite des mêmes causes, c'est-à-dire, de la facilité des transports et des communications, le nombre des premières s'accroîtra sans cesse au détriment des autres et que nous sommes en passe d'avoir des industries mondiales de l'or, du fer, du blé, du pétrole, etc., avec, bien entendu,



Photo Hachette.

INTÉRIEUR D'UN LABORATOIRE DE L'INSTITUT DU RADIUM.

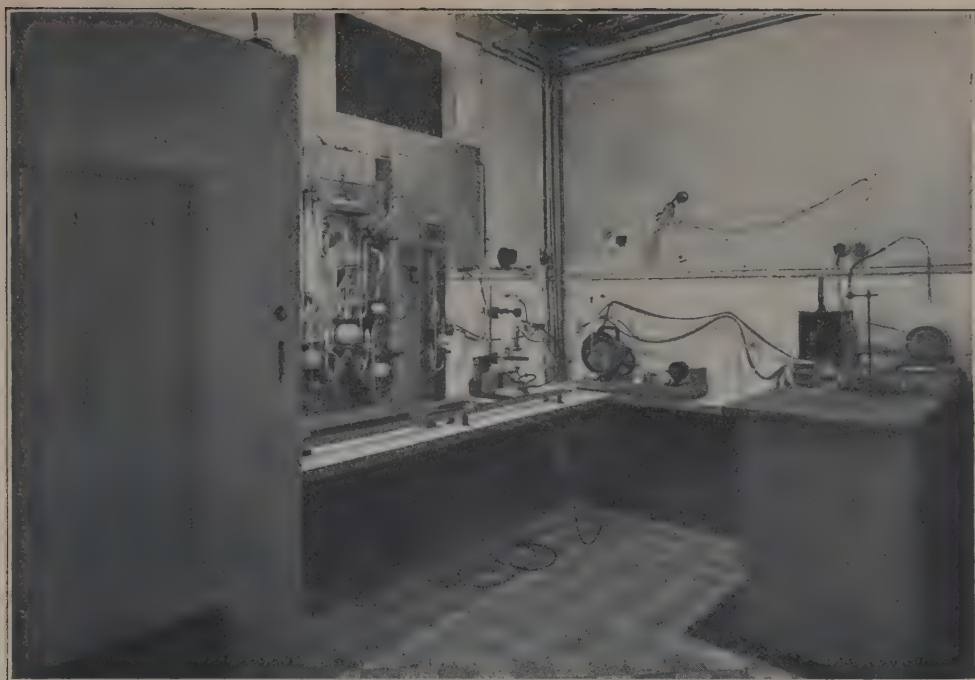


Photo Hachette.

LABORATOIRE DE L'INSTITUT DU RADIUM A PARIS.

A gauche, armoire coffre-fort, blindée et doublée de plomb, où se trouve emmagasinée la provision de Radium-métal ou de corps radio-actifs sous une grande concentration.

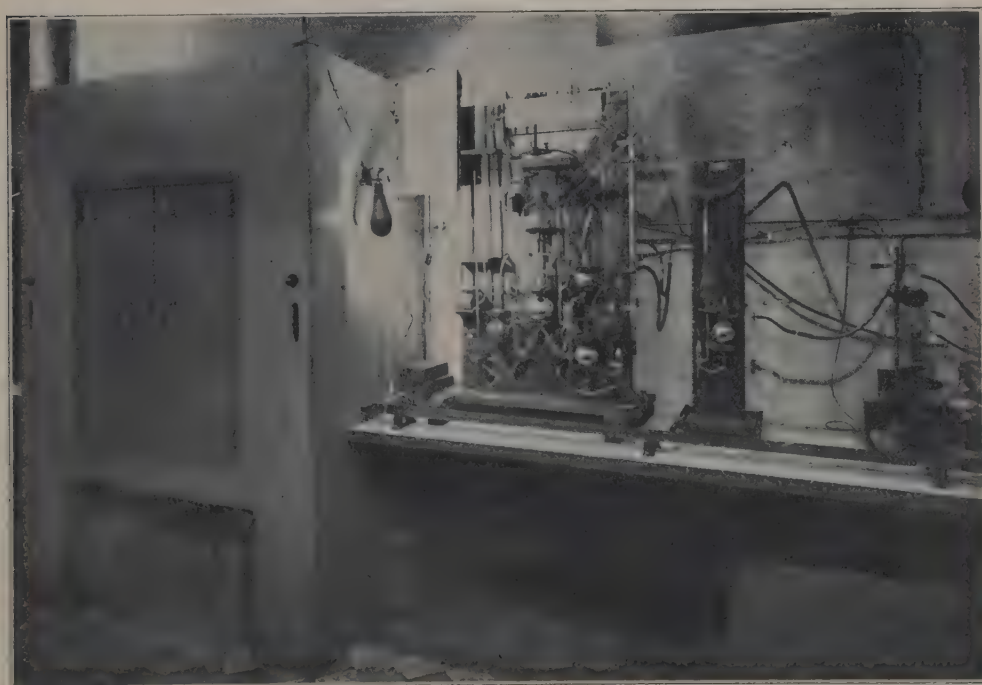


Photo Hachette.

UN AUTRE COIN DU LABORATOIRE DU RADIUM.

Vue de l'armoire à gauche contenant toutes les réserves de radium de l'Institut, soit 1 gramme préparé par M. et M^{me} Curie, 0 g. 50 donnés par le gouvernement français et 50 centigrammes par H. de Rothschild, plus 1 gramme donné par les Américains à Madame Curie.



Photo Hachette.

AUTRE VUE D'UN LABORATOIRE A L'INSTITUT DU RADIUM A PARIS.

des localisations multiples. Chaque fois que des conditions particulières permettront la production d'une matière quelconque, à bon compte, dans des endroits déterminés, toute la production se concentrera là, et les concurrents moins favorisés disparaîtront. Cela amènera des concentrations énormes, mais aussi, l'unification des prix, leur abaissement, et peu à peu, la fusion et, si l'on peut dire, l'homogénéisation des races humaines ! Nous n'en sommes d'ailleurs pas encore là, mais nous nous rapprochons tous les jours, si les choses continuent d'aller du même train, de cet état de choses, à la fois grandiose et un peu effarant.

Revenons maintenant à notre radium, dont voici à grands traits l'histoire :

Dès l'année 1896, H. Becquerel découvre les radiations que certains corps émettent spontanément et parvient à isoler un de ces corps, l'uranium : tout de suite la similitude entre ces émissions et les rayons cathodiques est reconnue et Henri Becquerel se livre à leur étude, essayant de les faire rentrer dans le cadre des radiations lumineuses.

Pierre Curie, lui, se consacre à l'étude des corps radio-actifs, et analysant un minerai complexe de plomb, la pechblende (de pech, poix) ainsi nommé à cause de sa couleur (et provenant de Saint-Joachimstahl en Bohême), s'aperçoit que, après extraction de l'uranium, le minerai conserve une radio-activité très élevée ; aidé de Mme Curie, le savant se propose d'isoler cet élément. Voilà le point de départ de ses recherches. Ici, il est bon de dire un mot de sa méthode d'analyse, très simple, et qui est restée le moyen de choix pour la recherche et le traitement des substances radio-actives.

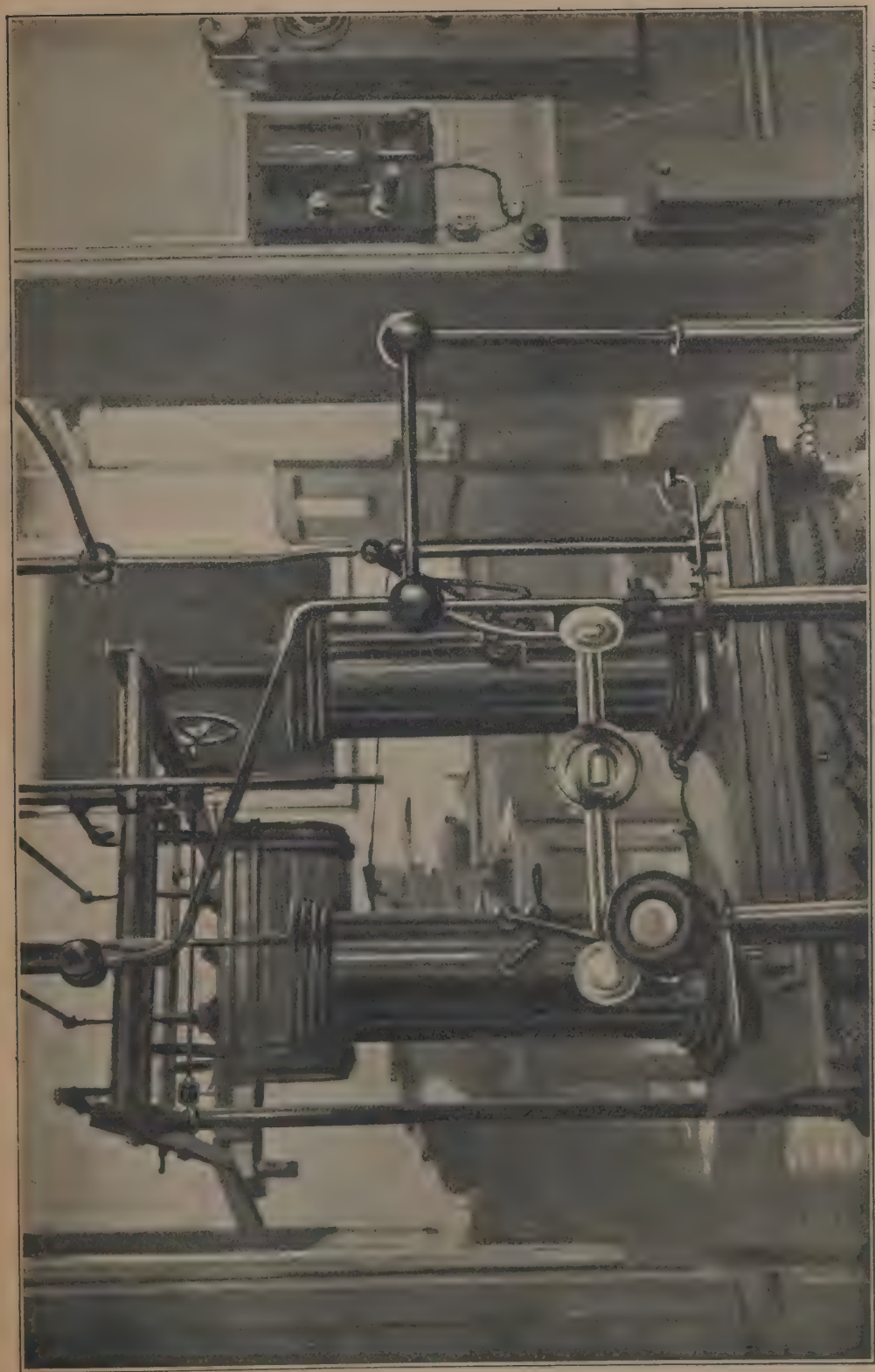


Photo Huguette.

INSTITUT CURIE. -- PAVILLON PASTEUR OU LE RADIUM EST ÉUDIÉ AU POINT DE VUE BIOLOGIQUE, PHYSIOLOGIQUE ET MÉDICAL.

Vue de la salle de Radiothérapie.

Elle est, cette méthode, d'une grande simplicité, avons-nous dit, en même temps que très sensible. De même que les radiations issues d'un tube de Crookes, les émanations radioactives ont la propriété de rendre l'air conducteur de l'électricité. Si l'on dépose sur le plateau d'un électroscope à feuille d'or, la substance à essayer, et au-dessus d'elle un conducteur relié à la terre, l'électroscope se décharge avec une vitesse proportionnelle à la richesse radio-active de la substance à essayer. Donc Pierre Curie, traitant environ 1 tonne de pechblende par des dissolutions et des cristallisations successives, éliminait progressivement les substances inertes et de plus en plus concentrait son précipité, il arriva ainsi à une petite quantité de baryum et de bismuth très fortement radio-actifs, dont il retira le polonium et un corps nouveau dont le spectre d'absorption fut obtenu par Demarçay et auquel on donna le nom de radium.

Le 26 décembre 1898, Pierre Curie fit part à l'Académie des Sciences de son immortelle découverte qui, après avoir menacé de détruire tout l'édifice si péniblement édifié des théories chimiques et physiques du siècle, après avoir suscité les admirables travaux de Gustave Le Bon, qui confirma l'existence d'un phénomène universel, et donna des notions très nettes et très précises sur la constitution, la vie et la mort de l'atome, et par conséquent de la matière (dont l'indestructibilité était naguère un dogme fondamental), ainsi que des rapports de la masse et de l'énergie qui devaient susciter les travaux d'Einstein.

Dès que Pierre Curie eut publié ses méthodes d'extraction du radium de la pechblende de Saint-Joachimstahl, l'Empire d'Autriche s'empressa d'interdire l'exportation de ce minerai et s'en réserva l'exploitation. Il fallut chercher ailleurs d'autres sources : d'abord l'autunite, gros cristaux jaunes découverts en 1800 près d'Autun. Minerai complexe que l'on n'exploite plus en raison de sa faible teneur = 1,5 % d'uranium soit 3 milligrammes de bromure de radium à la tonne.

La carnotite abondante dans le Colorado et l'Utah (aux États-Unis d'Amérique), contient 2 à 3 % d'urane; jusqu'en 1913 la presque totalité de la production était importée en France où l'on put en extraire jusqu'à 8 grammes de bromure de radium. Aujourd'hui cette extraction se fait sur place en Amérique. La belafite (de Belafo, village de Madagascar, où il fut découvert par Lacroix en 1911), est un minéral formé de cristaux octaédriques. Ce minerai était riche (26 p. 100 d'urane) mais très cher (plus de 1 500 francs la tonne à l'époque) à cause de la grosse dépense en eau pour le lavage des argiles d'où on l'extrait et le transport, dont une partie se faisait à dos d'hommes. Cependant c'était, avec les minerais portugais à 800 francs la tonne rendue à Paris (2 milligrammes de bromure de radium à la tonne), la source la plus importante qui alimentait les deux usines à radium de France, lesquelles produisaient le tiers environ du radium traité dans le monde. Voici le tableau des exportations Madecasses depuis 1912 :

1912 . . .	1 100 kilogrammes.	1917 . . .	7 000 kilogrammes.
1913 . . .	5 000 —	1918 . . .	7 000 —
1914 . . .	8 800 —	1919 . . .	10 000 —
1915 . . .	1 200 —	1920 . . .	5 000 —
1916 . . .	1 200 —	1921 . . .	6 000 —



EN HAUT, M. ET M^{me} CURIE LORS DE LEUR DÉCOUVERTE DU RADIUM, SONT REPRÉSENTÉS ICI ÉTUDIANT UN PRÉCIPITÉ RADIFÈRE AU MOYEN DU QUARTZ PIEZOELECTRIQUE.

EN BAS, M^{me} CURIE CONTINUANT, APRÈS LA MORT DE SON ILLUSTRE MARI, SES ÉTUDES SUR LES CORPS RADIO-ACTIFS AVEC LA COLLABORATION DE SA FILLE, M^{lle} IRÈNE CURIE.

COMMENT ON RECHERCHE LES MINÉRAIS DE RADIUM PLUS PRÉCIEUX QUE LE DIAMANT

La recherche et la qualification des minerais reposent sur deux méthodes, basées toutes deux sur la mesure de l'intensité de la radio-activité, laquelle, ne l'oublions pas est toujours identique à elle-même en intensité, c'est-à-dire que, quelle que soit la dilution ou le mélange de la matière active, elle est rigoureusement proportionnelle à la quantité de cette matière radio-active.

Ces deux méthodes sont l'une radiographique, l'autre électrique. Nous ne reviendrons pas sur la dernière, qui est la meilleure, de l'électroscope de Curie, associé ou non au quartz piezoélectrique; l'autre consiste à poser l'échantillon de minerai sur une plaque photographique enveloppée de plusieurs épaisseurs de papier noir; le temps nécessaire à l'obtention d'une image qui peut varier de quelques minutes à plusieurs heures ou même plusieurs jours, donne une idée du pouvoir actinique (c'est-à-dire de la force des rayons lumineux qu'il émet) de l'échantillon. On peut aussi placer à ses côtés un autre échantillon de radio-activité connue et étalonnée et juger par comparaison l'intensité des images produites.

La deuxième méthode qui utilise l'électroscope à feuille d'or seul (en notant le temps de la décharge par mesure de l'écartement des feuilles d'or) ou associé avec le quartz piezoélectrique qui mesure l'intensité du courant de décharge à travers l'air, le tout en comparaison avec un échantillon d'une constante radio-active étalonnée, reste la méthode de choix.

Il est bon d'insister sur la constance radio-active d'un corps donné, indépendant des conditions extérieures de température, de pression, et de concentration ou de dilution de la substance radio-active et de rappeler la loi suivante.

Loi de proportionnalité : « Le nombre d'atomes d'un corps radio-actif qui se détruit dans l'unité de temps est proportionnel au nombre d'atomes encore existants. »

L'âge du minerai intervient donc dans sa nature, l'uranium, par exemple, se désintègre en donnant successivement l'ionium, le radium A, le radium B est pour aboutir en dernier lieu à un corps radio-inactif le radium G isotope du plomb, ces dégradations successives s'accompagnant de dégagement d'hélium et d'émission d'énergie.

Ce que l'on peut traduire en langage ordinaire en disant : un corps radio-actif représente à tout moment ce qu'il reste d'atomes après la série de pertes par rayonnement qu'il a subies depuis son origine. Si l'on connaît cette vitesse de désintégration, les corps radio-actifs deviennent de véritables horloges à mesurer la durée des âges pendant les temps géologiques.

L'établissement du rapport de l'uranium à l'hélium ou de l'uranium au plomb donne ces chiffres l'un au minimum, l'autre au maximum, par la méthode chimique, très ardue par suite de la diffusibilité de l'hélium — qui est gazeux et de la difficulté de distinguer les réactions du plomb vulgaire de celles de son isotope le radium G, inactif.

Voici ce tableau en millions d'années d'après les plus récents travaux :

	par l'hélium (minimum)	par le plomb (maximum)
Pleistocène	1	—
Pliocène.	2,5	—
Éiocène.	6,3	—
Oligocène	8,4	—
Eocène	30,8	—
Crétacé		
Jurassique.		
Triasique.		

	par l'hélium (minimum)	par le plomb (maximum)
Permien.		
Carbonifère	445	340
Devonien	416	370
Silurien.		
Ordonicien }	209	430
Cambrien }		
Précambrien		1 000 à 1 200.
Archéen	710	1 400 à 1 600 mil. d'an.

TRAITEMENT DES MINERAIS

Nous allons succinctement étudier le traitement des minerais radifères généralement appliqué. Il est d'ailleurs conforme à celui qui est mis en œuvre à l'usine d'essai établie par le Dr Henri de Rotschild pour l'exploitation des procédés Muguet et reproduit le cycle type imaginé par Debierne et Curie pour le traitement des pechblendes de Saint-Joachimsthal.

Et tout d'abord un mot sur les quantités de matière mises en œuvre (1 400 tonnes) par rapport au poids du produit fin (1 gramme); il y a là une telle disproportion que cet exemple paradoxal est unique dans les annales de l'industrie humaine.

Voici le décompte de ce total (Houvré) :

Matières premières			Produits chimiques		Produit fin
eau	minéral	charbon	solides	liquides	en bromure de radium
800 t.	400 t.	100 t.	100 t.	90 t.	1 g.

Voici résumées les opérations successives par lesquelles passe le minéral.

A. *Traitement physique :*

1^o broyage, enrichissement par élimination des stériles solides;

2^o lavage à l'eau (élimination des boues).

B. *Traitement chimique :*

3^o lavage à l'acide sulfurique étendu (qui dissout l'uranium);

4^o lavage à la soude caustique, solution bouillante concentrée qui dissout le plomb, l'alumine, la silice, etc.;

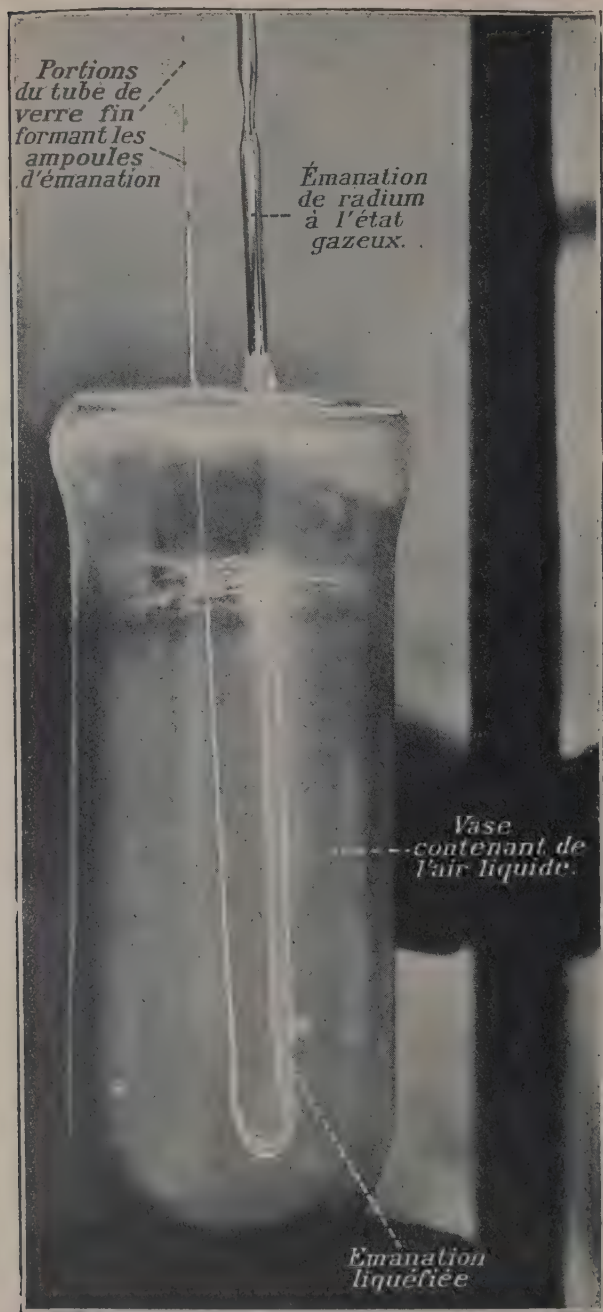
5^o Le produit restant est traité par l'acide chlorhydrique avec concentration des sulfates radifères insolubles;

6^o le précipité des sulfates radifères est traité par le carbonate de soude bouillant qui dissout ce précipité sous forme de carbonates solubles, lesquels sont repris par l'acide chlorhydrique;

7^o Le chlorure double de baryum et de radium ainsi produit à la dose de 8 kilogrammes environ par tonne de minéral, contient 1/10 000^e de radium.

Ces opérations durent une dizaine de jours pour traiter 400 tonnes de minéral.

Arrivé à ce stade de fabrication, le produit traité jusqu'ici à l'usine passe au laboratoire où l'on va procéder à la séparation des chlorures respectifs du



L'ÉMANATION DE RADIUM SE COMPORTE COMME UN GAZ; ON PEUT L'EXTRAIRE DU RADIUM, LA REFROIDIR, LA COMPRIMER, LA CONDENSER DANS DE PETITES AMPOULES EN VERRE, MAIS AU BOUT DE PEU DE TEMPS, ELLE DISPARAIT OU SE TRANSFORME EN GAZ INERTE.

baryum et du radium par la méthode des cristallisations répétées qui est celle de P. Curie. Cette opération est basée sur la différence de solubilité des deux sels. En faisant dissoudre le mélange dans très peu d'eau ou bien en laissant évaporer lentement une solution, le sel le moins soluble se précipite le premier et l'eau mère est de nouveau concentrée, le précipité redissous et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un sel à 90 % environ de pureté, que l'on transforme généralement en bromure.

Chaque cristallisation dure vingt-quatre heures et le cycle complet de fabrication environ trois mois; comme la première phase dure dix jours environ, on voit que le travail de laboratoire est de beaucoup le plus long et le plus minutieux, nécessitant une cinquantaine de cristallisations successives.

QUELQUES CHIFFRES.

Nous avons vu que le minerai le plus riche avant la découverte de celui de Katanga, la pechblende de Saint-Joachimstahl, dont la densité est considérable (9,09), contient de 50 à 80 % d'oxyde d'uranium et 232 milligrammes de radium-élément par tonne, soit 440 milligrammes de bromure de radium. L'extraction de Saint-Joachimsthal (actuellement en Tchéco-slovaquie) produit environ 1 gramme de radium-

élément par an. L'autunite dont l'exploitation en France est abandonnée

depuis la guerre à cause de sa faible teneur est encore exploitée en Portugal. Sa teneur est de 1,5 % d'urane, soit 3 milligrammes de bromure de radium à la tonne. La Carnotite américaine, qui imprègne des grès dans l'Utah et le Colorado, contient environ 3 % d'urane. Jusqu'en 1913 la presque totalité de ce minerai était traitée en France et produisait jusqu'à 8 grammes de bromure de radium par an. Actuellement c'est en Amérique même que se fait l'extraction.

La production actuelle mondiale s'élève à environ 30 grammes dont un tiers sort des usines françaises¹. Au cours actuel le radium vaut 1 400 000 francs le gramme de radium-élément (on appelle ainsi l'unité de radium pur métallique, qui sert d'étalon pour fixer la valeur marchande de ses sels); 1 milligramme de bromure de radium à 100 % de pureté équivaut à 0 mg. 53 radium-élément. A ce taux les 30 grammes de la production mondiale valent 42 000 000 de francs, c'est-à-dire, au prix d'avant guerre, la valeur de la production annuelle totale du Creusot en aciers fins (200 000 tonnes) en 1913. En supposant le diamant à 1 000 francs le carat de 20 centi-grammes = 8 kg. 400, étant de 3,5 il faudrait donc 2 litres de radium (densité 4) un litre de



EN HAUT, UN COIN DU LABORATOIRE DU PAVILLON PASTEUR A L'INSTITUT DU RADIUM, OÙ L'ON S'OCCUPE DES APPLICATIONS MÉDICALES DU RADIUM. EN BAS, COUPE D'UNE TUMEUR ÉPITHÉLIALE.

2 milliards 800 millions (à 50 p. 100 de richesse en radium-élément et au taux de 70 000 francs le gramme) un litre de radium métal vaudrait le double. Le stock mondial est de 80 grammes environ dont 6 chez Curie.

1. N. B. Ces chiffres et les suivants sont antérieurs à la mise en activité des usines belges traitant les minerais de Katanga, dont on ne possède pas les bilans de la production qui vient à peine de commencer. (Note de l'auteur.)

Le milligramme de bromure valait 40 francs à l'origine, 400 en 1913, 750 récemment et a subi des variations récentes très exagérées en fonction des fluctuations des changes des monnaies et d'autres facteurs tels que la production, la spéculation, etc.

Disons pour terminer que la mise en œuvre de la part française dans la production mondiale du radium, n'occupe que 150 personnes.

Tous ces chiffres ont d'ailleurs considérablement varié dans ces derniers temps, ainsi que nous l'avons expliqué, depuis la mise en exploitation des usines belges. Nous les conservons cependant parce qu'ils sont caractéristiques d'une époque très récente et qui a précédé immédiatement celle actuelle pour laquelle nous ne possédons pas les équivalences, d'ailleurs variables du jour au lendemain.

USAGES

Le radium n'est guère utilisé que pour trois sortes d'emploi :

1^o *Recherches scientifiques.* — On peut dire que c'est à la découverte de P. Curie et aux travaux de Rutherford, Ramsay Lorry, Gustave Le Bon que l'on doit les lumières actuelles sur la constitution intime de l'atome.

2^o *Thérapeutique.* — Employé seul, ou avec les radiations de Crookes de différentes longueurs d'onde, le radium est employé avec succès dans le traitement des tumeurs malignes et des néoplasmes ou cancers. Dans ce but on emploie de petits tubes contenant soit un sel de radium, ou plus communément son émanation, que l'on insère dans les tissus malades; ils arrêtent la prolifération des cellules néoplasiques et peu à peu en amènent la mortification.

A ce sujet, il est bon de remarquer que l'émanation du radium, tout comme les rayons X produit des brûlures, des escharres et des dermites très graves. (Pierre Curie fut ainsi brûlé au flanc par une infime quantité de sel qu'il avait mise dans un tube dans la poche de son gilet.) Cependant dans le cours de la fabrication, l'élément radio-actif étant très dilué, ses effets sont peu importants. Seul dans les dernières cristallisations il faut se protéger contre le rayonnement par des écrans de plomb et le produit fin doit être enfermé dans des tubes scellés maniés avec des pinces, les mains protégées par des gants, et les tubes enfermés dans des armoires blindées à parois de plomb de 4 à 6 centimètres d'épaisseur. Il y a ainsi dans le laboratoire Curie 6 grammes de bromure de radium enfermés dans les coffres blindés dont nous donnons la photographie.

USAGES INDUSTRIELS.

Le plus important, né de la guerre est la fabrication des peintures lumineuses. Une trace de sel radium ajoutée à certains sulfures métalliques les rend lumineux d'une façon permanente, contrairement aux sulfures purs qui ne sont lumineux qu'après insolation et d'une manière absolument temporaire. Ces peintures au radium coûtaient de 0 fr. 50 à 10 francs le centimètre carré.

L'emploi du radium pour la modification de la couleur des pierres précieuses ne donne qu'une action momentanée.

En agriculture, il semble que l'on doive être très prudent dans l'emploi des engrais radio-actifs. Cette question, à l'étude, est loin d'être résolue.

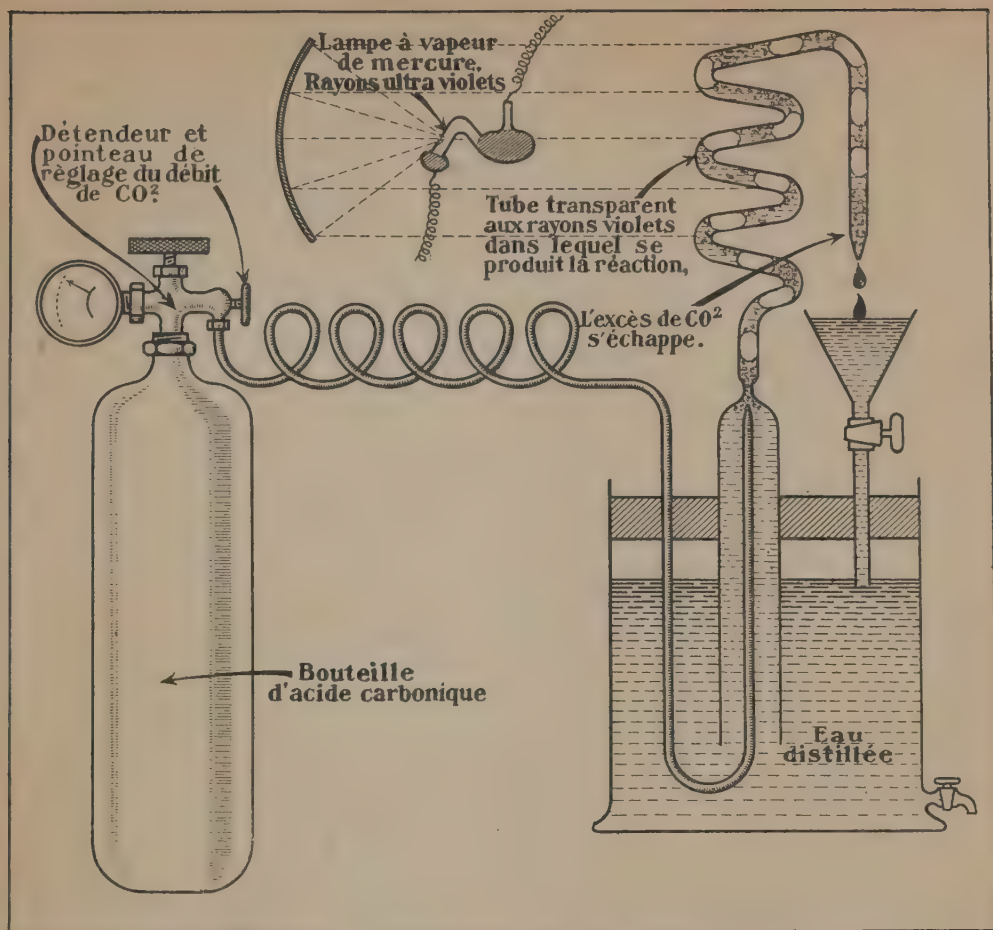


SCHÉMA DU DISPOSITIF DU PROFESSEUR BALY
POUR LA PRODUCTION DU SUCRE SYNTHÉTIQUE OU ARTIFICIEL.

Un courant d'acide carbonique entraîne des gouttes d'eau dans un serpentín soumis au rayonnement ultra-violet d'une lampe à vapeur de mercure : on retrouve ensuite dans cette eau des traces de formaldéhyde qui se polymérise ensuite et donne du sucre.

LE SUCRE SYNTHÉTIQUE OU ARTIFICIEL

Où l'homme s'arrêtera-t-il dans cette voie qui de découvertes en conquêtes pacifiques, le conduit, dans la voie du progrès, vers l'amélioration constante des conditions de sa vie? Nous avons vu ailleurs que ce progrès ne va pas sans de dures compensations, que la lutte est partout, que les forces mauvaises ne désarment jamais, qu'elles guettent inlassablement l'homme et qu'à la moindre occasion, elles se révoltent et détruisent le fruit de beaucoup d'efforts, et de beaucoup de victoires!

Cependant, il est indéniable, que, dans leur ensemble, les hommes adoucissent peu à peu la terrible loi du travail musculaire qui les tenait autrefois courbés sur la tâche, sans répit; un exemple est particulièrement typique: on voit tous les jours, dans les villes, circuler d'énormes camions automobiles, chargés à

5 tonnes et plus, qui charrient des déblais : si on assiste à leur chargement, on voit que celui-ci est effectué soit à la pelle à vapeur, soit à la benne piocheuse, ou encore au moyen de wagonnets que des grues vont chercher au fond des fouilles pour les déverser dans les camions ; si l'on est témoin de leur déchargement, ou de l'arrivée d'un camion de matériaux sur un chantier, on voit, que le conducteur pour vider le lourd véhicule se contente d'actionner une pédale, laquelle embraye le moteur sur la commande d'une pompe à huile, qui à l'aide de poulies ou de galets soulève la caisse, et l'énorme charge, d'un seul coup est jetée à terre. Si l'on songe à tout le travail musculaire, à tant de sueur humaine qu'il aurait fallu dépenser pour accomplir le même labeur, à toute la souffrance qui aurait été attachée à l'exécution de cette tâche, à la multitude de moteurs, qui à la même heure, tournent, tirent, poussent, charrient, creusent, combent, etc., etc., à toute l'essence qui est consumée dans le monde entier dans le même but, on reste confondu devant l'énormité de la tâche accomplie, et qui est vraiment de la peine humaine économisée !

Que si, maintenant, un réservoir d'automobile prend feu, si un vaisseau citerne fait naufrage ou qu'un camion écrase quelqu'un, on ne peut s'empêcher de constater que, pour cruelles que soient les morts qui en résultent, elles sont infiniment moins nombreuses et même moins pénibles que celles qui auraient été infailliblement occasionnées par usure ou par accident pendant l'exécution d'une somme de travail équivalente à celle qu'accomplissent les milliers de moteurs à l'œuvre, infatigables, obstinés et que ne rebutent aucun effort !

Et si l'on songe maintenant, non plus à une catégorie spéciale le moteurs, mais à tous les engins qui, partout, en tout temps, soulagent l'humaine misère : moteurs électriques dans les usines et même dans les maisons au sein du foyer familial, moulins, turbines, locomotives sur les rails, paquebots en mer, toute la variété des sources de force que l'homme emploie pour alléger son effort musculaire et qui remplacent des millions d'esclaves acharnés à la besogne, l'on peut croire que c'en est fini de l'antique servitude qui pesait sur l'humanité ou, tout au moins, que sa tâche gagne en noblesse. Les siècles ne reverront jamais les grandes douleurs de la meule à blé antique ou des galères royales, ni les hécatombes des grands travaux de l'antiquité avec leur multitude de forçats courbés sous le fouet.

Il y a donc de ce côté un indéniable bienfait de la civilisation et dont l'effet s'étend jusqu'à nos compagnons et nos frères inférieurs, les animaux domestiques, ces bêtes de somme dont les cadavres jonchaient autrefois les grandes routes commerciales.

Le Génie humain a rêvé de faire plus et mieux, de s'affranchir en partie tout au moins du travail agricole et d'obtenir directement, en parlant de leurs composants minéraux, les corps nécessaires à l'alimentation de la race.

Nous avons vu ailleurs, succinctement, comment les végétaux seuls étaient capables d'une telle synthèse ; nous savons que sous l'effet des rayons du Soleil, père nourricier de tout ce qui vit sur terre, les plantes construisaient, à partir des éléments simples, des minéraux inanimés (hydrogène, oxygène, carbone, azote, fer, chaux, phosphore, etc., etc.), toute la série des corps infiniment complexes, qui serviraient à la nourriture des herbivores, et par eux à celle des carnivores, c'est-à-dire, de tout ce qui vit à la surface de la Terre et dans la profondeur des Océans.

Parmi ces corps, le plus répandu, le plus utile, le plus simple, le plus chargé de cette énergie latente que la Plante tient du Soleil est le sucre. Nous disons le sucre, nous devrions dire les sucres ou mieux les éléments ternaires ou hydrocarbonés, car les végétaux et les animaux nous présentent une infinie variété de ces corps (fécules, amidons, glucoses, saccharoses, glycogènes, etc., etc.) dont la caractéristique commune est d'être composés uniquement d'oxygène, d'hydrogène et de carbone, en proportion variables, autrement dit de charbon et d'eau.

Pendant longtemps, cette fabrication des corps sucrés fut considérée comme une fonction vitale, un privilège de la matière vivante et il aurait paru puéril et même impie de chercher à imiter l'être vivant, de s'arroger ce pouvoir mystérieux et presque divin de création!

C'est à peine si l'on osait transformer les corps et obtenir du sucre en partant d'un autre produit de la vie, très voisin, la cellulose. Cela paraissait déjà bien audacieux, intéressant, certes, mais sans portée pratique. On montrait, dans les collections de l'École Normale supérieure, à côté des restes d'un vieux pantalon d'uniforme en coton, une petite masse de dextrine (qui est un sucre) qui en avait été extraite par longue ébullition dans de l'acide sulfurique faible — sans songer qu'un jour viendrait où, traitant des tonnes de sciures et de déchets de bois, dans d'immenses autoclaves, ou en extrairait des jus sucrés qui, refroidis etensemencés de levures, puis fermentés, produiraient des centaines et des milliers d'hectolitres d'alcool (autre composé de charbon et d'eau).

Mais il ne s'agit là que de transformations et non de véritable synthèse.

Le premier qui eut la gloire de réussir vraiment cette création de toutes pièces d'un corps réputé jusque-là être un produit de la vie, un composé biologique, et non plus un agrégat comme pouvait en produire la chimie minérale est le grand Berthelot, avec sa synthèse de l'alcool éthylique ou alcool de vin, réputé jusque-là ne pouvoir être obtenu autrement que par l'action des ferments vivants agissant sur le sucre, lequel lui-même ne saurait être produit que par un être également vivant (généralement un végétal).

Berthelot, donc ayant obtenu un carbure d'hydrogène, l'éthylène en partant de l'acétylène produit lui-même par du carbure de calcium et de l'eau (le carbure de calcium à son tour provenant du traitement au four électrique de charbon et de chaux) eut l'idée de soumettre cet éthylène à l'action de l'acide sulfurique. Il remplit donc du mélange un flacon auquel il imprima, dit-il lui-même, pour montrer de quelle patience doit s'armer le chercheur, 3 000 secousses et obtint de l'acide sulfovinique, qui en présence de l'eau lui donna de l'alcool éthylique ou alcool de vin.

Cette synthèse eut un énorme retentissement; pour la première fois, le génie humain, se substituant au mystérieux labeur des êtres vivants fabriquait de toutes pièces, en partant des éléments simples, charbon et eau, un corps complexe, l'alcool, qui jusque-là exigeait pour sa production la collaboration d'un végétal producteur de sucre, et d'une levure vivante, c'est-à-dire d'un organisme inférieur analogue aux champignons et aux algues.

Le végétal prenait sa nourriture dans l'air et dans le sol, puis décomposant l'acide carbonique de l'atmosphère, y trouvait le carbone nécessaire pour constituer du sucre, avec l'hydrogène de l'eau, et grâce à l'énergie solaire captée par sa chlorophylle (ou substance verte des feuilles) et constituait ses réserves

sucrées; les levures arrivaient ensuite et si les circonstances étaient favorables se mettaient en devoir de consommer ce sucre; le résultat de cette opération était : chaleur, acide carbonique et alcool.

Tout le monde connaît cette histoire; c'est celle du raisin qui donne le vin, des pommes écrasées qui donnent le cidre, de la sève qui donne le vin de palme ou le « champagne » de bouleau, les glucoses des grains germés (malt) qui donnent la bière, etc.

Tous ces liquides soumis à la distillation, donnent de l'alcool éthylique.

Le génie de Berthelot, se passait des coûteux services de tous les intermédiaires (les levures produisent *en poids* autant d'acide carbonique inutile, que d'alcool) et, directement faisait de l'alcool avec du charbon, de la chaleur et de l'eau.

Cette expérience eut, nous l'avons dit, un retentissement mondial, à cause des horizons qu'elle ouvrait et de son importance au point de vue théorique, et même philosophique, mais ce n'était qu'une expérience, comme le sucre de pantalon de tout à l'heure; on aurait bien étonné les savants de l'époque et le grand Berthelot lui-même (avec ses 3 000 secousses), en leur prédisant que bientôt on appliquerait en grand cette réaction, dans laquelle on trouverait une abondante source d'alcool industriel.

Et c'est ce qui se passe pourtant aujourd'hui dans les industries de carbonisation de la houille (fours à coke, gaz d'éclairage); en effet, parmi la longue série des carbures d'hydrogène qui se produisent pendant la décomposition de la houille, lesquels sont solides (à la température ordinaire) liquides ou gazeux, on trouve une assez forte proportion d'éthylène gazeux, lequel traité dans une série de barboteurs et de laveurs en présence d'acide sulfurique, puis d'eau, donne de l'alcool que l'on recueille par distillation et que l'on purifie et concentre par la suite.

La puissante Société du gaz de Paris vient justement d'installer une usine à l'effet d'utiliser l'éthylène produit dans ses cornues à gaz et l'on escompte un rendement annuel de plusieurs milliers d'hectolitres d'alcool éthylique pur.

Cependant, le Génie humain ne s'est pas contenté de ce résultat si beau soit-il; les savants veulent faire plus, et, à l'image de l'être vivant, créer du sucre comme le fait la plante, en utilisant l'acide carbonique de l'air et l'énergie lumineuse!

Quelle révolution dans le monde, le jour où l'homme, définitivement maître des forces élémentaires créera de la matière alimentaire avec les substances inanimées du sol et de l'air! Plus de semailles, plus de moissons, avec tout l'aléa des saisons et toutes les trahisons possibles des ennemis qui guettent le labeur humain pour lui en ravir le fruit. Rien que des appareils fidèles, de l'électricité esclave, et l'inépuisable abondance des éléments premiers!

Ces jours sont-ils près d'arriver? Voici qu'une revue scientifique anglaise, « *Discovery* » de Londres nous annonce que le Professeur E. C. C. Baly de l'Université de Liverpool (Angleterre) vient de créer (le mot n'est pas trop fort) du sucre en partant de l'eau et de l'acide carbonique.

Certes, la production est infime, et la quantité d'énergie dépensée considérable, le résultat pratique nul, mais le problème est résolu dans son essence, le

principe trouvé. C'est là l'important; n'oublions pas le pantalon de Normale supérieure et les 3 000 secousses du flacon de Berthelot!

Notre schéma représente les dispositions principales de l'appareil du professeur Baly. Elles présentent ce caractère de géniale simplicité que nous avons admiré dans les dispositifs du grand Pasteur. Voici comment le miracle se produit.

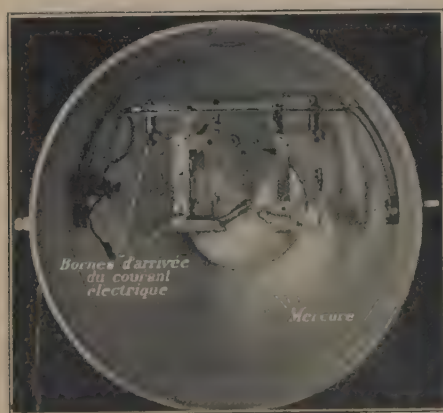
Dans un vase contenant de l'eau, on fait arriver un courant d'acide carbonique purifié qui à l'acide d'un ajustage fait monter dans un tube d'un verre spécial, très perméable aux rayons ultra-violets, des bulles de gaz séparées par des gouttes d'eau. Ce tube, contourné en serpentin plat, pour offrir plus de surface, est soumis aux rayons de courte longueur d'onde, dits ultra-violets, produits par une lampe à vapeur de mercure (c'est une ampoule de verre ou de quartz fondu vide d'air et munie de 2 électrodes et dans laquelle se trouve du mercure; on ferme le circuit et le courant s'établit entre les électrodes grâce au mercure liquide; quand le courant passe, on bascule l'ampoule, le mercure se rassemble dans le fond de l'appareil, au contact des électrodes et le circuit se continue grâce à la vapeur de mercure qui s'est formée; cette vapeur devient très lumineuse en donnant des rayons très riches en lumière ultra-violette).

Sous l'action de ce rayonnement, l'hydrogène de l'eau se combine au charbon de l'acide carbonique et l'on obtient du formaldéhyde qui se polymérise ensuite et donne des sucres que l'analyse décèle dans la liqueur après plusieurs passages (la polymérisation est la réunion de plusieurs molécules en une seule).

Et voilà le miracle!

Maintenant attendons : le professeur Baly annonce qu'il construit des appareils pour opérer plus en grand, qu'il utilise non plus les rayons violets de la lampe à mercure, mais bien les rayons solaires et qu'il ne passe plus désormais par le stade formaldéhyde, mais obtient directement du sucre.

La foule des savants et des chercheurs va se vouer à la solution parfaite de ce grand problème, et peut-être dans notre prochaine édition, aurons-nous à enregistrer une nouvelle et grandiose victoire du génie humain, dont les répercussions peuvent être d'une incalculable portée.



Cl. Bayle.

LAMPE A VAPEUR DE MERCURE PRODUISANT LES ONDES COURTES DE LUMIÈRE EXTRA-VIOLETTE UTILISÉE PAR LE PROFESSEUR BALY POUR SA SYNTHÈSE DU SUCRE

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS	V
L'AVIATION MODERNE	1
LE PILOTE-AVIATEUR DE COMMERCE	39
L'ÉDUCATION D'UN PILOTE-AVIATEUR	48
LE PLUS GRAND RÉSEAU AÉRIEN DU MONDE	54
LES PLUS BELLES PAGES DE L'AVIATION	62
L'AVION QUI ÉCRIT DANS LE CIEL	70
L'AVION SANS PILOTE	74
HÉLICOPTÈRES	91
LE VOL A VOILE	98
QUE SERA LA VIE DE FAMILLE DANS QUELQUES ANNÉES?	100
LE VALET DE CHAMBRE ÉLECTRIQUE	105
LA VIE URBAINE FUTURE	110
LES TRANSPORTS	114
GRANDS TRAVAUX MODERNES	123
LA MACHINE A ANALYSER LES ÉTOILES ET LES MONDES AU SERVICE DE LA POLICE	165
L'ATOME. — LA POÉSIE DE LA MATIÈRE	167
LE VENT ET SON UTILISATION RÉCENTE ET FUTURE	178
LA LIMITE DES MONDES VISIBLES	215
LA TÉLÉVISION	221
LA TÉLÉTAUGRAPHIE	233
LES VIBRATIONS UNIVERSELLES ET LES ONDES	245
L'IMPLACABLE CHASSEUR AUTOMATIQUE DE NAVIRES	257
LA FIN D'UN MYSTÈRE	261
L'INDUSTRIE MÉDICALE PASTORIENNE	272
LES TRANSFORMATIONS D'UNE TRÈS NOUVELLE INDUS- TRIE : LE RADIUM	296
LE SUCRE SYNTHÉTIQUE OU ARTIFICIEL	308

